



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN
DOKTER GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA
BRESING EKSENTRIS**

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP. 3115 105 051

Dosen Pembimbing I:
Ir. Heppy Kristijanto, MS

Dosen Pembimbing II:
Prof. Tavio, ST. MT. PhD

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN
DOKTER GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA
BRESING EKSENTRIS**

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP. 3115 105 051

Dosen Pembimbing I:
Ir. Heppy Kristijanto, MS

Dosen Pembimbing II:
Prof. Tavio, ST. MT. PhD

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



FINAL PROJECT – RC14-1501

**DESIGN OF MODIFICATION OF PUSAT
PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
BUILDING STRUCTURE WITH VERTICAL
FLOOR EXPANSION USING
ECCENTRICALLY BRACED FRAMES**

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP. 3115 105 051

Supervisor I:
Ir. Heppy Kristijanto, MS

Supervisor II:
Prof. Tavo, ST. MT. PhD

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG PUSAT
PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER GIGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG DENGAN
PENAMBAHAN LANTAI MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING EKSENTRIS**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Lintas Jalur Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

AHMAD FATIHUDDIN AFIF

NRP. 3115 105 051

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Heppy Kristijanto, M.Eng., Ph.D. (Pembimbing I)

2. Prof. Tawio, S.T., M.T., Ph.D. (Pembimbing II)



Surabaya
Juli, 2017

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG PUSAT
PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER GIGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG DENGAN
PENAMBAHAN LANTAI MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING EKSENTRIS**

Nama Mahasiswa : Ahmad Fatihuddin Afif
NRP : 3115105051
Dosen Pembimbing I : Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Dosen Pembimbing II : Prof. Tavio, S.T. M.T. Ph.D.

ABSTRAK

Pada awalnya gedung Dental Nano Material Pusat Penelitian dan Pendidikan Dokter Gigi Universitas Brawijaya ini merupakan gedung 10 lantai yang menggunakan konstruksi beton bertulang dengan luas bangunan 60,2 m x 60 m, dimana luas bangunan sama per lantainya. Sebagai bahan perencanaan ini, akan dilakukan modifikasi penambahan lantai keatas pada struktur gedung Dental Nano Material Pusat Penelitian dan Pendidikan Dokter Gigi Universitas Brawijaya menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentris.

Modifikasi desain yang akan dilakukan adalah ekspansi lantai gedung dengan menggunakan struktur baja. Dari analisa dan hasil perhitungan diperoleh hasil, yaitu tebal pelat bondeks 9 cm, dimensi balok induk WF 600 x 300 x 12 x 20, balok link WF 600 x 300 x 12 x 20, dimensi bresing WF 350 x 350 x 12 x 19, dimensi kolom WF 400 x 400 x 20 x 35, dan panjang elemen link direncanakan 100 cm. Kondisi eksisting masih mampu menahan ekspansi 5 lantai keatas.

Kata Kunci: Gempa, Sistem Rangka Bresing Eksentris, Penambahan Lantai, Beton Bertulang, Struktur Baja.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

**DESIGN OF MODIFICATION OF PUSAT PENELITIAN
DAN PENDIDIKAN DOKTER GIGI UNIVERSITAS
BRAWIJAYA MALANG BUILDING STRUCTURE WITH
VERTICAL FLOOR EXPANSION USING ECCENTRICALLY
BRACED FRAMES**

Name : Ahmad Fatihuddin Afif
Student ID : 3115105051
Supervisor I : Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Supervisor II : Prof. Tavio, S.T. M.T. Ph.D.

ABSTRACT

At first, Dental Nano Material Pusat Penelitian dan Pendidikan Dokter Gigi Universitas Brawijaya building is a 10-story building that uses reinforced concrete construction with the area of 60,2 m x 60 m, where the area is same per floor. As a material of this planning, the building will be modified the expansion of upwards floor on the building structure of Dental Nano Material Pusat Penelitian dan Pendidikan Dokter Gigi Universitas Brawijaya using Eccentrically Braced Frames.

The design modification that will be done is the expansion of the building floor by using a steel structure. From the analysis and calculation results, obtained the results, such as 9 cm thick of bond plate, WF 600x300x12x20 for main beam, WF 600x300x12x20 for link beam, WF 350x350x12x19 for bracing, WF 400x400x20x35 for column, and 100 cm link length planned. Existing conditions are still able to resist the expansion of 5 floors upwards.

Keywords: *Earthquake, Eccentrically Braced Frames, Floor Expansion, Reinforced Concrete, Steel Structure.*

“halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT atas segala karunia, rahmat, dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Desain Modifikasi Struktur Gedung Pusat Penelitian Dan Pendidikan Dokter Gigi Universitas Brawijaya Malang Dengan Penambahan Lantai Menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentris” seperti yang diharapkan.

Selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua yang ikut serta membantu dalam proses perkuliahan selama ini,
2. Bapak Ir. Heppy Kristijanto, MS dan Bapak Prof. Tavo, ST. MT, Ph.D, selaku dosen pembimbing yang dengan sabar dan sepuh hati membimbing, mengarahkan, dan memberikan saran untuk penulis,
3. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya yang tidak mungkin disebutkan satu persatu, atas ketekunan memberikan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat,
4. Semua pihak terkait yang telah membantu

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kesalahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, oleh karena itu penulis mengharap saran dan kritik agar lebih baik lagi di masa mendatang.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Permasalahan	3
1.3. Tujuan	4
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Umum	7
2.2. Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa.....	7
2.3. Analisa Beban	8
2.3.1. Beban Mati.....	8
2.3.2. Beban Hidup	9
2.3.3. Beban Angin	9
2.3.4. Beban Gempa.....	9
2.3.4.1. Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan	10
2.3.4.2. Klasifikasi Jenis Tanah.....	10
2.3.4.3. Percepatan Respon Spektrum.....	10
2.3.4.4. Parameter Percepatan Spektral Desain.....	14
2.3.4.5. Spektrum Respons Desain.....	14
2.4. Struktur Rangka Baja Tahan Gempa.....	15
2.4.1. <i>Eccentrically Braced Frames (EBF)</i>	16
2.4.2. Perilaku <i>Link Beam</i>	18
2.4.2.1. Kuat Elemen <i>Link Beam</i>	18
2.4.2.2. Panjang Elemen <i>Link Beam</i>	20
2.4.2.3. Sudut Rotasi <i>Link Beam</i>	21
2.4.2.4. Pendetailan <i>Link Beam</i>	22
2.5. <i>Steel Floor Deck</i>	23
2.6. Sambungan.....	23

2.6.1. Perencanaan Sambungan	25
2.7. Kekuatan Elemen Beton.....	26
2.8. Perhitungan Pondasi.....	27
2.8.1. Perhitungan Tegangan Ijin Tanah	27
2.8.2. Perhitungan Daya Dukung Pondasi Akibat Beban ..	28
2.8.3. Perencanaan Poer	29
2.8.4. Perencanaan Penulangan Lentur	31
BAB III METODOLOGI	33
3.1. Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir	33
3.2. Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir	34
3.2.1. Pengumpulan Data	34
3.2.2. Studi Literatur	35
3.2.3. <i>Preliminary Design</i>	35
3.2.3.1. Perencanaan Struktur Sekunder.....	36
3.2.3.2. Perencanaan Struktur Primer.....	36
3.2.4. Perhitungan Pembebanan Struktur.....	36
3.2.5. Perhitungan Struktur	37
3.2.5.1. Perhitungan Struktur Utama.....	37
3.2.5.2. Perhitungan Sambungan.....	40
3.2.5.3. Perencanaan <i>Base Plate</i>	41
3.2.6. Permodelan Struktur	41
3.2.7. Kontrol Kekuatan <i>Existing</i>	41
3.2.8. Penggambaran Output Desain.....	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1. Umum	43
4.2. Perencanaan Pelat	43
4.2.1. Perencanaan Pelat Atap.....	43
4.2.2. Perencanaan Pelat Lantai	45
4.3. Perencanaan Balok Anak	46
4.3.1. Perencanaan Balok Anak Atap	46
4.3.2. Perencanaan Balok Anak Lantai	50
4.4. Perencanaan Balok <i>Lift</i>	54
4.5. Perencanaan Tangga	60
4.5.1. Perencanaan Pelat Tangga	60
4.5.2. Bordes	67

4.5.3. Balok Utama Tangga	72
4.6. Pemodelan Struktur.....	76
4.6.1. Data Gedung Modifikasi.....	77
4.6.2. Pemodelan Struktur 3 Dimensi	78
4.6.3. Pembebanan Gempa Dinamis	79
4.6.4. Kontrol Penerimaan Pemodelan Struktur	83
4.6.5. Kontrol Desain	85
4.7. Perencanaan Elemen Struktur Primer	95
4.7.1. Balok Induk.....	95
4.7.2. Kolom	99
4.7.3. Link.....	103
4.7.4. Balok Diluar <i>Link</i>	108
4.7.5. Bresing.....	113
4.7.6. Perencanaan Sambungan	118
4.8. Kontrol Penampang Struktur Beton	147
4.8.1. Balok.....	147
4.8.2. Kolom	151
4.8.3. Desain Tiang Pancang.....	153
BAB V PENUTUP	171
5.1. Kesimpulan.....	171
5.2. Saran.....	172
DAFTAR PUSTAKA.....	173

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Perbedaan perilaku tiga model sistem struktur baja ..2	2
Gambar 1.2 Tipe bresing link pada SRBE	3
Gambar 2.1 Peta Respon Spektra Percepatan 0,2 Detik (S_s) di Batuan Dasar (S_B).....	11
Gambar 2.2 Peta Respon Spektra Percepatan 0,2 Detik (S_1) di Batuan Dasar (S_B).....	13
Gambar 2.3 Spektrum Respons Desain	15
Gambar 2.4 Tipe bresing untuk EBF.....	17
Gambar 2.5 Gaya Yang Bekerja Pada Link	19
Gambar 2.6 Sudut Rotasi Link Beam.....	21
Gambar 2.7 Detailing Pada Link Beam.....	23
Gambar 2.8 Penampang Steel Floor Deck.....	23
Gambar 2.9 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Kolom	30
Gambar 2.10 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Tiang Pancang	31
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir	34
Gambar 4.1 Pelat Lantai Atap FD2	43
Gambar 4.2 Penulangan Pelat Atap FD2.....	44
Gambar 4.3 Pelat Lantai FD1	45
Gambar 4.4 Penulangan Pelat Lantai FD1	46
Gambar 4.5 Denah Balok Lantai Atap	47
Gambar 4.6 Denah Balok Lantai	51
Gambar 4.7 Denah Lift.....	55
Gambar 4.8 Potongan Melintang Lift.....	56
Gambar 4.9 Model Pembebanan Balok Penumpu Lift.....	57
Gambar 4.10 Denah Tangga.....	62
Gambar 4.11 Pelat Anak Tangga.....	62
Gambar 4.12 Sketsa Pembebanan Pengaku Anak Tangga	64
Gambar 4.13 Denah Bordes	67
Gambar 4.14 Denah Struktur Dental UB Malang	77
Gambar 4.15 Pemodelan Struktur Utama.....	78

Gambar 4.16 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Malang	81
Gambar 4.17 Penampang Kolom WF $400 \times 400 \times 13 \times 21$	100
Gambar 4.18 Sambungan Balok Anak-Balok Induk	122
Gambar 4.19 Sambungan Balok Penumpu Tangga-Kolom	129
Gambar 4.20 Sambungan Balok Induk-Kolom	139
Gambar 4.21 Penampang B1	148
Gambar 4.22 Hasil Output Kapasitas Penampang Kolom.....	152
Gambar 4.23 Letak Pondasi yang Ditinjau.....	156
Gambar 4.24 Posisi Tiang Pancang.....	160
Gambar 4.25 Penampang Kritis Geser pada Pile Cap	164
Gambar 4.26 Penampang Kritis Geser pada Tiang Pancang	165
Gambar 4.27 Bidang Kritis pada Poer arah x.....	167
Gambar 4.28 Bidang Kritis pada Poer arah y.....	167

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Situs.....	10
Tabel 2.2 Koefisien Situs, F_a	11
Tabel 2.3 Koefisien Situs, F_v	13
Tabel 4.1 Data Tanah Berdasarkan N-SPT	80
Tabel 4.2 Parameter Respon Gempa Wilayah Malang untuk Kelas Situs SD	80
Tabel 4.3 Rekapitulasi Berat Bangunan	83
Tabel 4.4 Berat Bangunan Program Bantu ETABS 2013	84
Tabel 4.5 Rasio Partisipasi Massa	85
Tabel 4.6 Periode Struktur.....	86
Tabel 4.7 Reaksi Dasar Struktur.....	88
Tabel 4.8 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa	88
Tabel 4.9 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Setelah Dikalikan Faktor Skala	89
Tabel 4.10 Kontrol Simpangan Yang Terjadi Akibat Beban Gempa Arah x	91
Tabel 4.11 Kontrol Simpangan Yang Terjadi Akibat Beban Gempa Arah y	92
Tabel 4.12 Nilai Gaya Pada Baut	138
Tabel 4.13 Brosur Tiang Pancang WIKA Beton	155
Tabel 4.14 Reaksi Kolom	157
Tabel 4.15 Data N-SPT	158
Tabel 4.16 Jarak Antara Tiang Ke Titik Pusat	161

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

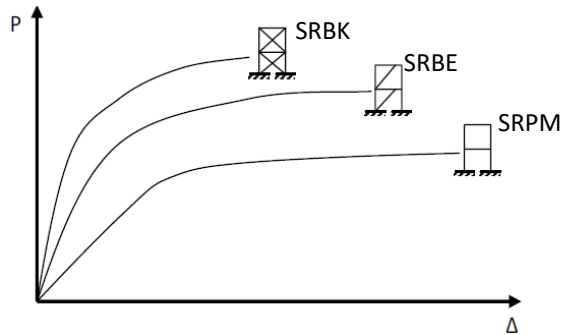
Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam pembangunan gedung bertingkat tinggi adalah gempa. Syarat dalam merencanakan bangunan tahan gempa adalah stabil, kuat, dan kaku antar sambungannya. Pada dasarnya beban gempa adalah beban lateral yang bersifat bolak-balik sehingga struktur harus diberi pengaku untuk menahannya. Pada struktur baja umumnya digunakan pengaku yang disebut juga bresing (Putra, A. E. dan Iranata, D., 2014).

Pada awalnya gedung Dental Nano Material Pusat Penelitian dan Pendidikan Dokter Gigi Universitas Brawijaya ini merupakan gedung 10 lantai yang menggunakan konstruksi beton bertulang dengan luas bangunan 60,2 m x 60 m, dimana luas bangunan sama per lantainya. Semakin bertambahnya tahun, semakin banyak pula peminat yang masuk ke pendidikan dokter gigi di Universitas Brawijaya. Dan tentunya pada gedung ini membutuhkan penambahan ruangan untuk mahasiswa, serta material dan alatnya. Akan tetapi pada gedung ini terdapat keterbatasan lahan, sehingga sulit untuk memperluas struktur untuk penambahan ruangan.

Dilihat dari kondisi tersebut, maka dari itu perlu penambahan lantai keatas dengan menggunakan konstruksi baja. Dan juga mempertahankan kondisi pada struktur yang sudah ada agar tidak merubah strukturnya dan dapat menampung dari beberapa kondisi pada konstruksi baja tersebut.

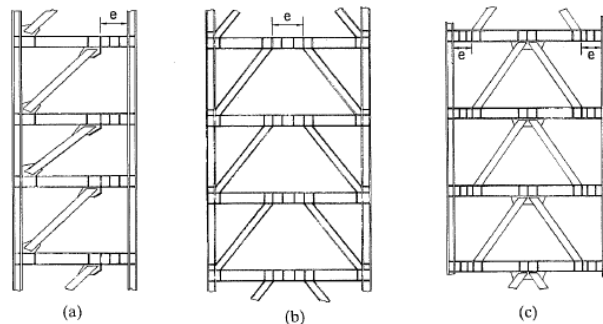
Sebagai bahan perencanaan ini, akan dilakukan modifikasi penambahan lantai keatas pada struktur gedung Dental Nano Material Pusat Penelitian dan Pendidikan Dokter Gigi Universitas Brawijaya menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE). Hal ini dilakukan karena

pada SRBE memiliki kelebihan dibandingkan Struktur Rangka Pemikul Momen (SRPM) maupun Sistem Rangka Bresing Konsentrik (SRBK). SRBE memiliki kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan SRPM, dan memiliki daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan SRBK (Yurisman, dkk. 2010).



Gambar 1. 1 Perbedaan perilaku tiga model sistem struktur baja
(Sumber: Yurisman, dkk. 2010)

Konsep desain SRBE adalah *link* ditetapkan sebagai bagian yang akan rusak, sedangkan elemen lain tetap berada dalam kondisi elastik. Kelelahan yang terjadi pada elemen *link* dapat berupa kelelahan geser/kelelahan lentur (Popov & Engelhardt, 1988).



Gambar 1. 2 Tipe bresing *link* pada SRBE
(Sumber: *Popov & Engelhardt, 1988*)

1.2. Rumusan Permasalahan

Permasalahan utama dalam tugas akhir ini adalah bagaimana merencanakan modifikasi penambahan lantai pada gedung ini dengan menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE). Sedangkan permasalahan detil dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan preliminary desain penampang struktur baja?
2. Bagaimana perhitungan beban yang bekerja pada struktur?
3. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak dan tangga?
4. Bagaimana memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu analisa struktur?
5. Bagaimana merencanakan struktur utama yang meliputi balok dan kolom?
6. Bagaimana merencanakan bresing eksentrik dan *link*?
7. Bagaimana merencanakan sambungan antar profil?
8. Bagaimana perhitungan struktur *existing* agar tidak merubah bentuk strukturnya?

9. Bagaimana menuangkan hasil perencanaan modifikasi kedalam bentuk gambar teknik?

1.3. Tujuan

Tujuan yang diharapkan dalam perencanaan struktur gedung ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan preliminary disain penampang struktur baja,
2. Menghitung beban yang bekerja pada struktur,
3. Merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak dan tangga,
4. Memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu analisa struktur,
5. Merencanakan struktur utama yang meliputi balok dan kolom,
6. Merencanakan bresing eksentrik dan *link*,
7. Merencanakan sambungan antar profil,
8. Menghitung struktur *existing* agar tidak merubah bentuk strukturnya,
9. Menuangkan hasil perencanaan modifikasi kedalam bentuk gambar teknik.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan tidak memperhitungkan metode pelaksanaan konstruksi,
2. Perencanaan ini tidak termasuk memperhitungkan sistem utilitas, perencanaan pembuangan saluran, mekanikal elektrik, dll.
3. Kontrol penampang *existing* hanya menghitung kapasitas penampang balok, kolom dan pondasi,
4. Penggambaran hanya meliputi gambar struktur.

1.5. Manfaat

Manfaat yang bisa didapatkan dari mengerjakan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil perencanaan ini bisa dijadikan alternatif dalam merencanakan struktur bangunan gedung bertingkat khususnya penambahan lantai pada gedung,
2. Dari perencanaan ini bisa diketahui hal-hal yang harus diperhatikan pada saat perancangan sehingga kegagalan struktur bisa diminimalisasi.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Baja menjadi material yang dipilih dikarenakan karakteristik keruntuhan yang bersifat daktil. Ketika mekanisme ini terjadi, baja akan mengalami leleh sebelum runtuh yang akan memberikan waktu bagi para pengguna gedung untuk menyelamatkan diri, tidak seperti beton tanpa tulangan baja yang bersifat getas yang akan runtuh seketika pada saat gaya yang bekerja telah melampaui kemampuan ultimit beton.

2.2. Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

Pada konsep perencanaan struktur bangunan tahan gempa harus diperhitungkan kemampuannya dalam memikul beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut, diantaranya adalah beban gravitasi dan beban lateral. Beban gravitasi adalah beban mati struktur dan beban hidup, sedangkan yang termasuk beban lateral adalah beban angin dan beban gempa. Dalam mendesain bangunan tahan gempa, gaya lateral pada struktur harus dipertimbangkan sama seperti halnya gaya gravitasi. Gaya lateral yang dapat berupa tekanan angin atau beban gempa bekerja dari arah samping bangunan yang dapat menimbulkan defleksi lateral. Hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan yaitu kekuatan bangunan yang memadai untuk memberikan rasa nyaman bagi penghuninya. Semakin tinggi gedung, defleksi lateral yang terjadi juga semakin besar pada lantai atas (Mc. Cormac, 2002).

Tujuan desain bangunan tahan gempa adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan korban jiwa, dengan tiga kriteria standar, antara lain:

1. Ketika terjadi gempa kecil, tidak terjadi kerusakan sama sekali,
2. Ketika terjadi gempa sedang, diperbolehkan terjadi kerusakan arsitektural, tetapi bukan merupakan kerusakan struktural,

3. Ketika terjadi gempa kuat, diperbolehkan terjadinya kerusakan struktural dan non-struktural, namun kerusakan yang terjadi tidak sampai menyebabkan bangunan runtuh.

Untuk mencapai kriteria tersebut, perencanaan bangunan struktur tahan gempa harus dapat memperhitungkan dampak dari gaya lateral yang bersifat siklis (bolak-balik) yang dialami oleh struktur selama terjadinya gempa bumi. Untuk memikul gaya lateral yang dialami oleh bangunan, struktur harus dapat memiliki daktilitas yang memadai di daerah *joint* atau elemen struktur tahan gempa seperti bresing, *link*, atau dinding geser.

Perencanaan struktur dapat direncanakan dengan mengetahui skenario keruntuhan dari struktur tersebut dalam menahan beban maksimum yang bekerja. Pelaksanaan konsep desain kapasitas struktur adalah memperkirakan urutan kejadian dari kegagalan suatu struktur berdasarkan beban maksimum yang dialami struktur. Sehingga kita merencanakan bangunan dengan elemen-elemen struktur tidak dibuat sama kuat terhadap gaya yang direncanakan, tetapi ada elemen-elemen struktur atau titik pada struktur yang dibuat lebih lemah dibandingkan dengan yang lain dengan harapan di elemen atau titik itulah kegagalan struktur terjadi pada saat beban gempa maksimum bekerja.

2.3. Analisa Beban

2.3.1. Beban Mati

Beban mati adalah berat semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian – penyelesaian, mesin – mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu (PPIUG 1983 Pasal 1.0.1). Adapun besaran dari beban mati pada gedung sesuai yang tercantum pada PPIUG 1983 Pasal 2.2 Tabel 2.1.

2.3.2. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban – beban pada lantai yang berasal dari barang – barang yang dapat berpindah, mesin – mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan pembebanan pada lantai dan atap tersebut. Adapun besaran dari beban mati pada gedung sesuai yang tercantum pada PPIUG 1983 Pasal 3.3 Tabel 3.1.

2.3.3. Beban Angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagiangedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara (PPIUG 1983 Pasal 1.0.3). Sesuai dengan PPIUG 1983 Pasal 4.2 tekanan tiup harus diambil minimum 25 kg/m² dan di tepi laut sampai sejauh 5 km dari tepi pantai harus diambil minimum 40 kg/m². Jika ada kemungkinan kecepatan angin menyebabkan tekanan tiup yang lebih besar, maka tekanan angin harus dihitung berdasarkan rumus:

$$P = \frac{V^2}{16} \text{ (kg/m}^2\text{)} \quad (2.1)$$

Dimana: V = Kecepatan angin dalam m/det

2.3.4. Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban statik ekivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh daari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa adalah gaya – gaya dalam struktur yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa tersebut (PPIUG 1983 Pasal 1.0.4).

2.3.4.1. Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan

Tahap pertama adalah mengetahui fungsi bangunan untuk merencanakan kategori risiko dan faktor keutamaan gempa

sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 4.1.2 tabel 1 dan tabel 2

2.3.4.2. Klasifikasi Jenis Tanah

Dengan data *boring log*, maka dapat diketahui klasifikasi jenis tanah menggunakan persamaan:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} \quad (2.2)$$

Dimana: d_i = Kedalaman lapisan tanah uji
 N_i = Nilai SPT

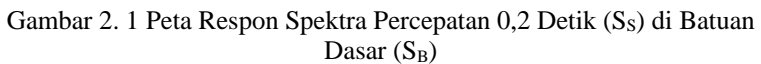
Dari perhitungan didapat rata-rata nilai SPT (\bar{N}) kemudian dapat melihat pada Tabel 2.1 untuk menentukan jenis tanah berdasarkan kelas situs,

Tabel 2. 1 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{v}_s (m/dt)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{S}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 - 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras)	350 - 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 - 350	15 - 50	50 - 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
SF (tanah khusus)	Perlu invsetigasi lebih spesifik		

2.3.4.3. Percepatan Respon Spektrum

Tentukan wilayah yang ditinjau untuk kemudian melihat parameter percepatan batuan dasar berdasar Peta *Hazard* dengan tahapan sebagai berikut:



Tabel 2. 2 Koefisien Situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS^b				

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE _R) terpetakan pada perioda 1 detik, S ₁				
	S ₁ ≤ 0,1	S ₁ = 0,2	S ₁ = 0,3	S ₁ = 0,4	S ₁ ≥ 0,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

2.3.4.4. Parameter Percepatan Spektral Desain

Untuk mengetahui parameter percepatan spektral perioda pendek (S_{DS}) dan pada perioda 1 detik (S_{D1}), menggunakan perumusan berikut:

$$S_{MS} = F_a \times S_S \quad (2.3)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (2.4)$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} \quad (2.5)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} \quad (2.6)$$

Dimana:

S_{MS} = Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek

S_{M1} = Parameter spektrum respons percepatan pada perioda 1 detik

S_{DS} = Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek

S_{D1} = Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 1 detik

F_a = Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek

F_v = Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda 1 detik

2.3.4.5. Spektrum Respons Desain

Buat tabel spektrum respon desain sesuai dengan:

- a) Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 ,

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.7)$$

- b) Untuk perioda $\geq T_0$ dan $\leq T_s$,

$$S_a = S_{DS} \quad (2.8)$$

c) Untuk perioda $> T_s$,

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.9)$$

Dimana:

S_a = Spektrum respons percepatan desain

S_{DS} = Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek

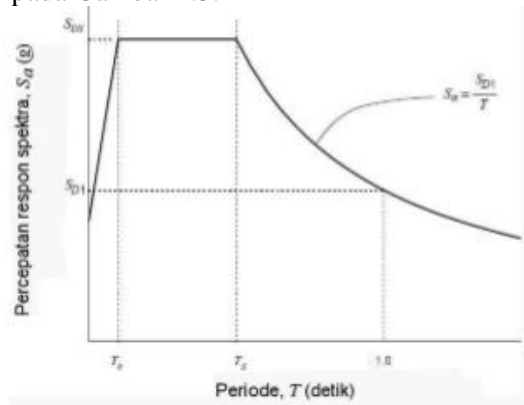
S_{D1} = Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 1 detik

T = Perioda getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

Setelah dibuat tabel respons desain, nilai – nilai yang terdapat pada tabel di-*input* kedalam program bantu analisa struktur sebagai beban gempa. Sehingga pada program bantu akan muncul grafik spektrum respons seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Spektrum Respons Desain

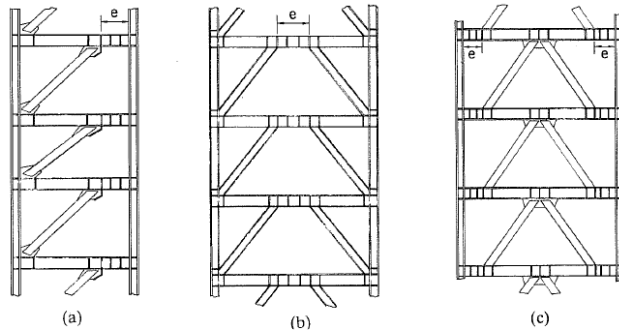
2.4. Struktur Rangka Baja Tahan Gempa

Terdapat beberapa jenis portal baja tahan gempa, secara umum terdapat dua jenis portal baja tahan gempa, yaitu *Braced Frames* dan *Moment Resisting Frames*. Masing-masing jenis ini memiliki karakteristik yang berbeda.

2.4.1. *Eccentrically Braced Frames (EBF)*

Sistem struktur EBF merupakan struktur baja penahan gaya lateral yang merupakan gabungan antara konsep daktilitas dan disipasi energi yang baik dari desain *Moment Resisting Frames* (MRF) dan dengan karakteristik kekakuan elastis yang tinggi dari desain *Concentrically Braced Frames* (CBF). EBF mengkombinasikan banyak keuntungan individu dari sistem kerangka konvensional, secara spesifik, EBF memiliki elastisitas tinggi, respon inelastis stabil pada muatan lateral siklis, daktilitas dan kapasitas disipasi energi yang besar (Bruneau, 1998).

Konsep desain EBF adalah sederhana, yaitu membatasi aksi inelastis pada *link*, dan mendesain kerangka di sekitar *link* untuk mempertahankan tegangan maksimum yang dapat diberikan oleh *link*. Desain dengan menggunakan strategi ini harus memastikan bahwa *link* bertindak sebagai sekering seismic *ductile* dan melindungi integritas dari kerangka seismik di sekitarnya. Sehingga yang menjadi konsep utama dalam struktur EBF adalah elemen *link* ditetapkan sebagai bagian yang akan rusak sedangkan elemen lain diharapkan tetap berada dalam kondisi elastis. Kelelahan yang terjadi pada elemen *link* dapat berupa kelelahan geser atau kelelahan lentur. Tipe kelelahan ini sangat tergantung pada panjang *link* tersebut. (Engelhardt dan Popov, 1989;1992). Tipe bresing pada EBF bisa dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Tipe bresing untuk EBF
(Sumber: Popov & Engelhardt, 1988)

Link beam merupakan elemen struktur yang direncanakan untuk berperilaku inelastis serta mampu untuk berdeformasi plastis yang besar pada saat terjadi beban lateral. Bagian *link* berfungsi untuk menyerap energi pada saat beban lateral (gempa). Mekanisme leleh pada elemen *link* terdiri dari 2 mekanisme leleh, yaitu kelelahan geser dan kelelahan lentur, tergantung dari panjang *link* (e) yang digunakan. Pada sistem struktur EBF, kekakuan lateral merupakan fungsi dari perbandingan antara panjang *link* (e) dengan panjang elemen balok (L). Jika panjang elemen *link* lebih pendek, maka struktur portal menjadi lebih kaku mendekati kekakuan struktur CBF dan jika panjang *link* lebih panjang, maka kekakuan struktur portal EBF mendekati kekakuan struktur MRF. Pada struktur EBF, elemen struktur diluar *link* direncanakan untuk berperilaku elastis, sedangkan bagian *link* direncanakan untuk dapat merdeformasi inelastis pada saat terjadi beban lateral (gempa).

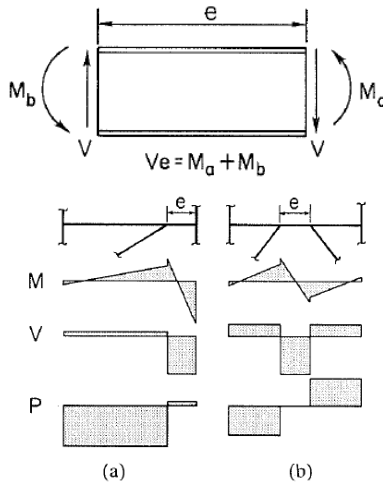
Meskipun sistem EBF bukan merupakan konsep yang baru, aplikasi sistem ini pada sistem konstruksi tahan gempa sangat dapat diterima. Ketahanan bresing eksentrik pada konstruksi tahan gempa sangat tergantung pada kestabilan sistem struktur dan sifat inelastis dibawah beban *cyclic*

lateral. Pada desain struktur EBF yang baik, aktifitas inelastis dibawah beban siklik dibatasi terutama hanya terjadi pada elemen *link* yang didesain untuk dapat mengalami deformasi inelastis yang besar tanpa kehilangan kekuatan. Pada struktur EBF ini, elemen-elemen struktur diluar *link* (balok, kolom dan bresing) didesain berdasarkan kapasitas *link*. Dengan membuat elemen *link* lebih lebah dari elemen struktur lainnya, kehancuran daktail diharapkan terjadi pada elemen *link* dan mengantisipasi agar elemen-elemen diluar *link* mengalami kehancuran non daktail, seperti *buckling* pada elemen bresing. Karakteristik sistem struktur EBF tergantung dari karakteristik elemen *link* nya (*e*). Kekuatan struktur EBF dipengaruhi oleh nilai perbandingan e/L atau pemendekan elemen *link* hingga mencapai batas kapasitas geser plastis dari *link*. Pada struktur EBF, *link* pendek (e/L kecil) memiliki keunggulan dalam menyediakan kekakuan dan kekuatan struktur yang tinggi. Nilai e/L yang kecil mengakibatkan kebutuhan rotasi *link* yang sangat besar. *Link* panjang (e/L besar) menghasilkan rotasi *link* yang lebih kecil. Nilai e/L yang besar menghasilkan struktur EBF yang mendekati sifat struktur MRF, sedangkan nilai e/L yang kecil menghasilkan struktur EBF yang mendekati sifat struktur CBF.

2.4.2. Perilaku *Link Beam*

2.4.2.1. Kuat Elemen *Link Beam*

Link beam merupakan elemen balok pendek yang direncanakan mengalami kelelahan lebih awal pada saat bekerjanya beban lateral pada struktur. Pada bagian *link* ini bekerja gaya geser (*shear*) pada kedua ujung *link* dengan besar yang sama dan arah yang berlawanan. Gaya geser yang bekerja tersebut mengakibatkan momen pada kedua ujung *link* dengan besar dan arah yang sama. Gaya-gaya yang bekerja pada *link* bisa dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Gaya Yang Bekerja Pada Link
(Sumber: Popov & Engelhardt, 1988)

Kekuatan geser (*shear*) *link* dan kekuatan geser ijin umumnya merupakan nilai yang lebih rendah yang didapatkan dengan batas bagian dari kelenturan pada web dan kelenturan di *gross section*. Untuk batasan keduanya disajikan dengan rumus:

- Untuk lentur menghasilkan:

$$V_n = 2M_p/e \quad (2.10)$$

Dimana, $M_p = f_y \times Z$ untuk $P_r/P_c \leq 0,15$

$$M_p = f_y \times Z \left(\frac{1 - P_r/P_c}{0,85} \right) \text{ untuk } P_r/P_c > 0,15$$

e = panjang *link*

- Untuk geser menghasilkan:

$$V_n = V_p \quad (2.11)$$

Dimana, $V_p = 0,6 \times F_y \times A_{lw}$ untuk $P_r/P_c \leq 0,15$

$$V_p = 0,6 \times F_y \times A_{lw} \sqrt{1 - (P_r/P_c)^2} \quad \text{untuk}$$

$$P_r/P_c > 0,15$$

$$A_{lw} = (d - 2t_f) \times t_w \quad (\text{link penampang I})$$

$$P_r = P_u \quad (\text{LRFD})$$

$$P_u = \text{Kuat perlu aksial dengan kombinasi beban,}$$

$$N$$

$$P_c = P_y \quad (\text{LRFD})$$

$$P_y = \text{Koat nominal aksial} = F_y \times A_g$$

2.4.2.2. Panjang Elemen *Link Beam*

Link beam bekerja sebagai sekering gempa yang bersifat daktail, menyerap energi gempa yang masuk kedalam bangunan. Panjang dari elemen *link* akan menentukan mekanisme leleh dan kegagalan *ultimate* yang terjadi pada elemen *link*. Secara umum terdapat 2 jenis *link* berdasarkan panjang *link*nya, yaitu *link* geser (*short link*) dan *link* lentur (*long link*). *Link* geser mengalami leleh disebabkan oleh gaya geser sedangkan *link* lentur mengalami leleh karena momen lentur. Panjang dari elemen *link* merupakan faktor penting untuk menentukan perilaku inelastik elemen *link*, panjang *link* berfungsi untuk mengontrol mekanisme leleh yang terjadi pada *link*. Pada *link* geser, gaya geser yang mencapai keadaan plastis (V_p) terlebih dahulu sebelum momen lentur mencapai kapasitas momen plastisnya dan *link* mengalami leleh dalam geser. Sebaliknya, pada *link* lentur, momen plastis (M_p) tercapai terlebih dahulu sebelum kelelahan geser terjadi. Ketentuan mengenai panjang *link* (e) menurut SNI 7860:2015 Pasal F3.5b(3) adalah sebagai berikut:

- Jika $\rho' \left(\frac{P_r/P_c}{V_r/V_c} \right) \leq 0,5$; $e \leq \frac{1,6M_p}{V_p}$
- Jika $\rho' \left(\frac{P_r/P_c}{V_r/V_c} \right) > 0,5$; $e \leq \frac{1,6M_p}{V_p} (1,15 - 0,3\rho')$

Dimana:

$$\rho' = \left(\frac{P_r/P_c}{V_r/V_c} \right)$$

$$V_r = V_u \text{ (LRFD), N}$$

V_u = Kekuatan geser yang terjadi berdasarkan kombinasi beban, N

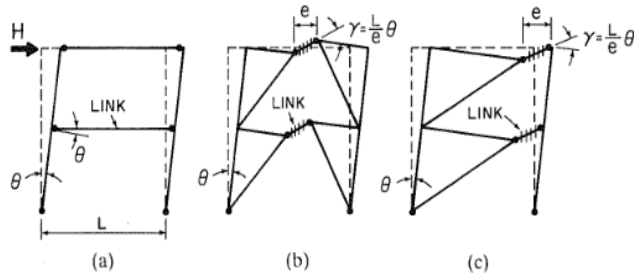
$$V_c = V_y \text{ (LRFD), N}$$

$$V_y = \text{Kuat nominal geser} = 0,6 \times F_y \times A_{lw}$$

2.4.2.3. Sudut Rotasi Link Beam

Sudut rotasi link beam adalah sudut inelastis antara *link beam* dan balok di samping *link* ketika besarnya total *story drift* sama dengan besarnya desain *story drift*, Δ . Sudut rotasi *link beam* seharusnya tidak melebihi nilai berikut:

- 0,08 radian untuk panjang *link* $e \leq 1,6M_p/V_p$
- 0,02 radian untuk panjang *link* $e \geq 2,6M_p/V_p$
- Interpolasi linier antara 0,08-0,02 radian jika panjang *link* $1,6M_p/V_p \leq e \leq 2,6M_p/V_p$



Gambar 2. 6 Sudut Rotasi Link Beam
(Sumber: Popov & Engelhardt, 1988)

Secara umum, sudut rotasi link beam dapat menggunakan persamaan:

$$\gamma_p = \frac{L}{e} \theta_p \quad (2.12)$$

Keterangan:

L = Lebar bentang

h = Tinggi lantai

Δ_p = *Plastic story drift*

Θ_p = *Plastic story drift angle*, radians (Δ_p/h)

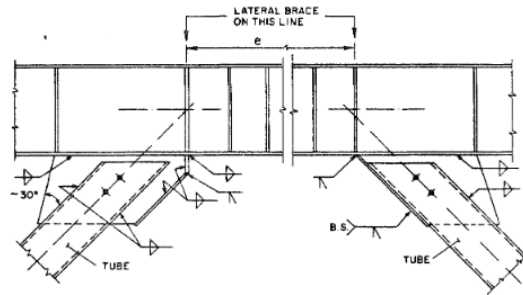
γ_p = Sudut rotasi *link beam*

2.4.2.4. Pendetailan *Link Beam*

Pendetailan pada *web link beam* yaitu berupa pemberian *web stiffeners* dapat memberikan perilaku *link beam* yang stabil, daktail serta terkontrol dibawah pembebanan *cyclic* (gempa). *Full depth stiffeners* dibutuhkan pada kedua ujung *link* untuk mentransfer gaya geser pada elemen penahan, sehingga membutuhkan pengaku *web* untuk mencegah terjadinya tekuk (*buckling*). Dan *full depth stiffeners* juga dibutuhkan ditengah-tengah *link* (*link intermediate web*) agar efektif dalam menahan tekuk geser pada *web link* dan dalam membatasi pengurangan kekuatan (*strength degradation*) akibat adanya *flange local buckling* dan lateral torsional *buckling*. Pengaku disambungkan ke *link web* dan *link flanges* dengan cara di las (*fillet welded*).

Adapun ketentuan jarak dan tebal *web stiffeners* pada ujung dan tengah *link beam* antara lain:

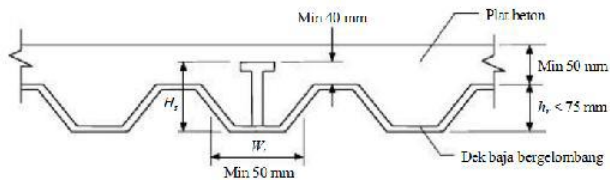
- Untuk panjang *link* $e \leq 1,6 M_p/V_p$, maka harus disediakan *intermediate web stiffeners* dengan jarak spasi interval tidak melebihi $30t_w - d/5$ untuk sudut rotasi *link* 0,08 radian atau $52t_w - d/5$ untuk sudut rotasi *link* 0,02 radian.
- Intermediate web stiffeners* harus *full depth*. Untuk tinggi penampang *link* yang kurang dari 25 inch (635 mm), maka pengaku hanya diperlukan pada satu sisi saja (sisi depan) pada *link web*. Ketebalan pengaku pada satu sisi tersebut tidak boleh kurang dari t_w atau 3/8 inch (10 mm) (pilih yang terbesar) dan lebarnya tidak kurang dari $b_f/2 - t_w$.
- Syarat dari ketebalan dari *fillet weld* (las) yang menghubungkan pengaku dengan *link web* adalah A_{stf_y} (LRFD), sedangkan untuk pengaku ke *link flange* adalah $A_{stf_y}/4$ (LRFD) yang mana A_{st} adalah area dari pengaku.



Gambar 2. 7 *Detailing Pada Link Beam*
(Sumber: Engelhart, Kasai dan Popov, 1986)

2.5. Steel Floor Deck

Steel Floor Deck yaitu suatu material yang bisa difungsikan sebagai media pengganti konvensional berbentuk papan lembar yang terbuat dari bahan baja galvanis berkuatan tinggi. Biasanya *steel floor deck* dipakai sebagai pengganti bekisting dalam proses pembuatan lantai atau atap dari beton dan juga berfungsi sebagai penulangan positif satu arah. Penggunaan dek baja juga dapat dipertimbangkan sebagai dukungan dalam arah lateral dari balok sebelum beton mulai mengeras. Arah dari gelombang dek baja biasanya diletakkan tegak lurus balok penompangannya.



Gambar 2. 8 *Penampang Steel Floor Deck*
(Sumber: SNI 1729:2002)

2.6. Sambungan

Sambungan merupakan sesuatu hal yang tidak dapat dihindarkan dalam perencanaan struktur baja. Hal ini dikarenakan bentuk struktur bangunan yang begitu kompleks. Contoh yang dapat kita jumpai di struktur bangunan adalah sambungan antara kolom dan balok. Kegagalan dalam sambungan tersebut dapat mengakibatkan perubahan fungsi struktur bangunan tersebut, dan yang paling berbahaya adalah keruntuhan pada struktur tersebut. Sehingga untuk mencegah hal tersebut maka kekakuan sambungan antara balok dan kolom tersebut harus baik.

Sambungan berdasarkan atas kemampuan tahanan terhadap perputaran yang dibagi 2 type yaitu:

1. *Type Fully Restrained* (FR) yaitu penahan penuh atau *rigid*/ kaku mempunyai tahanan yang kaku dan tidak dapat berputar
2. *Type Partially Restrained* (PR) yaitu penahanan tidak penuh, tidak cukup *rigid* untuk mempertahankan sudut akibat beban.

Pada kenyataannya bahwa tidak ada sambungan yang benar-benar kaku/ *rigid* sempurna atau *flexible* sempurna. Sehingga sambungan dapat diklasifikasikan:

1. *Simple connection* (sambungan sendi)
 - Sambungan dapat memberikan perputaran pada ujung balok secara bebas
 - Sambungan tidak boleh mengakibatkan momen lentur terhadap elemen struktur yang disambung
 - Detail sambungan harus mempunyai kapasitas rotasi yang cukup
 - Dapat memikul gaya reaksi yang bekerja
2. *Semi- rigid connetion* (antara *simple* dan *rigid*)
 - Sambungan tidak memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut antara elemen yang disambung

- Dianggap mempunyai kapasitas yang cukup untuk memberikan tahanan yang dapat diukur terhadap perubahan sudut tersebut
- Tingkat kapasitas tersebut terhadap beban yang bekerja ditetapkan berdasarkan percobaan

3. *Rigid Connection*

Sambungan dianggap memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut diantara elemen- elemen yang disambung.

2.6.1. Perencanaan Sambungan

- Sambungan Baut
- Kuat geser (SNI 1729:2015 pasal J3.6):
Kekuatan tarik atau geser desain, ϕR_n , dan kekuatan tarik atau geser yang diijinkan dari suatu baut kekuatan tinggi harus ditentukan sesuai dengan keadaan batas dari keruntuhan tarik dan keruntuhan geser sebagai berikut:

$$R_n = F_n \times A_b \quad (2.13)$$

Dimana: A_b = Luas baut, mm^2

F_n = Tegangan tarik nominal

- Kuat tumpu (SNI 1729:2015 pasal J3.7)
Kekuatan tarik yang tersedia dari baut yang menahan kombinasi gaya tarik dan geser harus ditentukan sesuai dengan keadaan batas dari keruntuhan geser sebagai berikut:

$$R_n = F_{nt} \times A_b \quad (2.14)$$

Dari kedua nilai diatas, dipilih nilai yang terkecil.

Jumlah baut (n):

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} \quad (2.15)$$

- Kontrol jarak baut
Jarak tepi minimum $= 1,5 d_b$

Jarak tepi maksimum = $(4t_p + 100 \text{ mm})$ atau 200 mm
 Jarak minimum antar baut = $3 d_b$
 Jarak maksimum antar baut = $15t_p$ atau 200 mm

- Sambungan Las

Kekuatan desain dan kekuatan yang diijinkan dari *joint* yang dilas harus sesuai dengan SNI 1729:2015 pasal J2.3.4:

$$R_u \leq \phi R_n \quad (2.16)$$

Tahanan terhadap bahan dasar las,

$$R_n = F_{nw} \times A_{we} \quad (2.17)$$

Tahanan terhadap bahan dasar baja,

$$R_n = F_{nBM} \times A_{BM} \quad (2.18)$$

Dimana: F_{nBM} = Tegangan nominal dari logam dasar, MPa

F_{nw} = Tegangan nominal dari logam las, MPa

A_{BM} = Luan penampang logam dasar, mm^2

A_{we} = Luas efektif las, mm^2

2.7. Kekuatan Elemen Beton

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 8.1 tentang metode desain, komponen struktur beton struktural harus diproposikan untuk kekuatan yang cukup. Menggunakan faktor beban dan faktor reduksi kekuatan (ϕ) yang ditentukan. Sehingga dapat memenuhi kriteria sebagai berikut:

a. Kuat (*Strength*)

Dikatakan kuat ketika kemampuan nominal elemen struktur masih lebih besar dari beban yang bekerja,

$$\phi M_n \geq M_u \quad (2.19)$$

dimana: ϕM_n = Momen kapasitas elemen struktur

M_u = Momen ultimit akibat beban

b. Layak (*Serviceability*)

Layak apabila elemen struktur mengalami lendutan, simpangan, dan retak tersebut masih dalam batas toleransi yang ada.

2.8. Perhitungan Pondasi

Pondasi umumnya berlaku sebagai elemen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Dalam perencanaan pondasi dipergunakan pondasi tiang pancang dengan data tanah yang digunakan untuk perencanaan daya dukung didapat dari hasil SPT (*Standart Penetration Test*). Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung tanah dapat ditinjau dari dua keadaan, antara lain:

1. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri,
2. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok

2.8.1. Perhitungan Tegangan Ijin Tanah

Perhitungan tegangan ijin tanah berdasarkan dari data SPT dengan menggunakan perhitungan dari buku Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi oleh Suyono Sosrodarsono, penerbit PT. Pradnya Paramita tahun 2000, Jakarta.

1. Harga N rata-rata dari tanah pondasi pada ujung tiang

$$N = \frac{N_1 + N_2}{2} \quad (2.20)$$

dengan: N_1 = Harga N pada ujung tiang

N_2 = Harga rata-rata pada jarak $4D$ dari ujung tiang

2. Gaya geser maksimum dinding tiang

Hitung besarnya intensitas gaya geser dinding tiang (*friction*) berdasarkan jenis tanah yang ada dan jenis pondasi tiang yang digunakan.

Gaya geser maksimum dinding tiang ($U \sum l_i f_i$) yang terjadi adalah:

$$U \sum l_i f_i = \pi D \text{friction} \quad (2.21)$$

Dimana: D = Diameter tiang (m)

Friction = Intensitas gaya geser dinding tiang

3. Daya dukung ujung tiang

Hitung besarnya daya dukung ujung tiang ($q_d \cdot A$)

$$\frac{q_d}{N} = 20 \quad (2.22)$$

$$q_d = 20 \cdot N \quad (2.23)$$

$$q_d \cdot A = 20 \cdot N \cdot A \quad (2.24)$$

$$q_d \cdot A = 20 \cdot N \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \quad (2.25)$$

4. Daya dukung ultimit (R_u)

$$R_u = q_d \cdot A + U \sum l_i f_i \quad (2.26)$$

5. Efisiensi Kelompok Tiang (E_g)

$$E_g = 1 - \theta \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 m n} \right] \quad (2.27)$$

Dimana: m = Jumlah tiang dalam baris

n = Jumlah tiang dalam kolom

$\theta = \text{Arc tg } \frac{D}{s}$ (dalam derajat)

D = Diameter tiang

s = Jarak pusat antar tiang (m)

6. Daya dukung yang diijinkan

$$P_{\text{ijin tanah}} = R_a = \frac{R_u}{n} \times E_g \quad (2.28)$$

Dimana: n = faktor keamanan,

Untuk beban tetap, $n = 3$ dan untuk beban sementara, $n = 2$

2.8.2. Perhitungan Daya Dukung Pondasi Akibat Beban

Untuk perhitungan daya dukung pondasi beban terpusat dan momen didapat dari output program bantu analisa struktur.

1. Tentukan berapa beban terpusat dan momen terjadi

Beban terpusat dan momen didapat dari output program bantu analisa struktur dengan kombinasi beban sementara.

2. Daya dukung akibat beban

$$P_{\text{akibat beban}} = \frac{V}{n} + \frac{M_1 \times y_i}{\sum y^2} + \frac{M_2 \times x_i}{\sum x^2} \quad (2.29)$$

Dimana: V = Gaya geser yang terjadi

n = Jumlah tiang

M_1 = Momen searah sumbu x

M_2 = Momen searah sumbu y

3. Kontrol terhadap daya dukung ijin tanah

Kontrol daya dukung akibat beban terhadap daya dukung ijin tanah:

$$P_{\text{ijin tanah}} > P_{\text{akibat beban}} \quad (2.30)$$

2.8.3. Perencanaan Poer

1. Kontrol tebal minimum poer

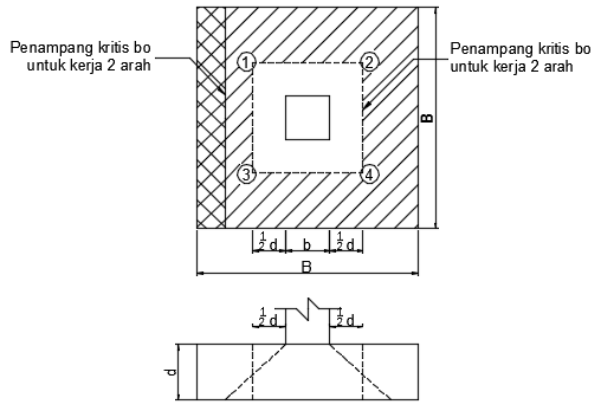
Menurut SNI 2847:2013, tebal pondasi tapak diatas tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm untuk pondasi diatas tanah, atau kurang dari 300 mm untuk pondasi tapak (*footing*) diatas tiang pondasi,

2. Kontrol geser pons pada pile cap akibat beban kolom

Kekuatan geser pondasi di sekitar kolom atau dinding yang dipikulnya harus ditentukan menurut mana yang lebih menentukan dari 2 (dua) kondisi tinjauan, baik sebagai kerja balok lebar satu arah maupun sebagai kerja dua arah,

Dengan kerja balok lebar, pondasi dianggap sebagai balok lebar dengan penampang kritis pada lebar sepenuhnya. Biasanya kondisi ini jarang menentukan dalam desain. Kerja dua arah pada pondasi dimaksudkan untuk memeriksa kekuatan geser pons.

Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh $0,5D$ dari muka kolom yang dipikul pondasi. Gambar 2.9 menjelaskan cara menentukan penampang kritis, baik pada asumsi kerja lebar balok maupun dua arah.



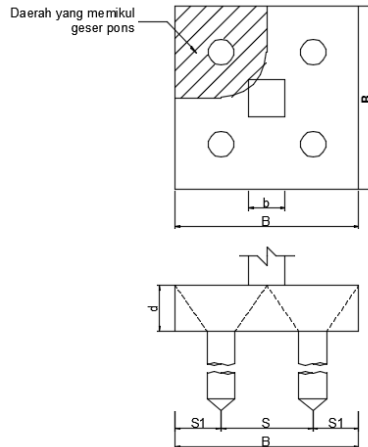
Gambar 2. 9 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Kolom

- Kontrol geser

$$\phi V_n \geq V_u \quad (2.31)$$

- Kontrol geser pons pada poer akibat beban aksial dari tiang pancang

Kekuatan geser pondasi di daerah sekitar tiang pancang yang dipikul harus ditentukan dengan kerja dua arah pada pelat pondasi. Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh $0.5D$ dari muka tiang pancang, yang mengelilingi tiang pancang yang dipikul oleh pelat pondasi. Untuk mencapai kondisi kerja balok dua arah, maka syarat jarak tiang pancang ke tepi harus lebih besari dari 1,5 kali diameter tiang pancang tersebut. Gambar 2.10 menjelaskan cara menentukan penampang kritis akibat aksial tiang pancang pada asumsi kerja dua arah.



Gambar 2. 10 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Tiang Pancang

2.8.4. Perencanaan Penulangan Lentur

Perencanaan tulangan lentur berdasarkan momen ultimit yang terjadi akibat tiang pancang terhadap muka kolom dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \quad (2.32)$$

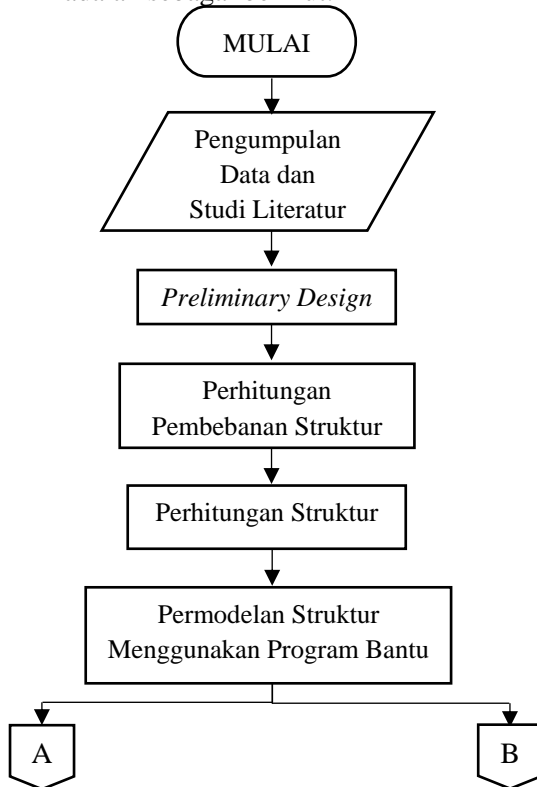
$$A_s = \rho \cdot b \cdot s \quad (2.33)$$

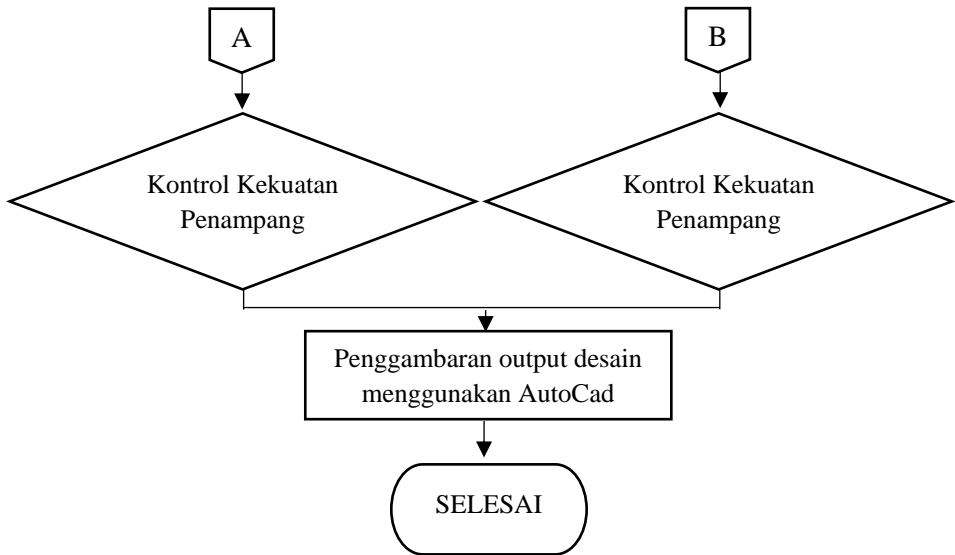
“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1. Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Langkah-langkah yang dilakukan untuk mengerjakan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:





Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir

3.2. Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir

Dari diagram alur di atas dapat dijelaskan metodologi yang dipakai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

3.2.1. Pengumpulan Data

Mencari data umum bangunan dan data tanah Gedung Pusat Penelitian dan Pendidikan Dokter Gigi Universitas Brawijaya Malang.

Data umum bangunan:

1. Nama Gedung : Pusat Penelitian dan Pendidikan Dokter Gigi Universitas Brawijaya
2. Lokasi Gedung : Malang
3. Fungsi Gedung : Fasilitas Pendidikan
4. Jumlah Lantai : 9 lantai dan 1 lantai atap
5. Tinggi Gedung : 48,9 m
6. Material Struktur : Beton bertulang dengan atap baja

Adapun tugas akhir ini akan dimodifikasi perencanaannya dengan penambahan lantai menggunakan material baja dengan data-data sebagai berikut:

1. Nama Gedung : Pusat Penelitian dan Pendidikan Dokter Gigi Universitas Brawijaya
2. Lokasi Gedung : Malang
3. Fungsi Gedung : Fasilitas Pendidikan
4. Jumlah Lantai : 15 lantai
5. Tinggi Gedung : 59,35 m
6. Material Struktur : Beton bertulang dan baja

3.2.2. Studi Literatur

Melakukan studi terhadap literatur yang berkaitan dengan topik Tugas Akhir mengenai perencanaan penambahan lantai dengan struktur baja menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentris. Peraturan dan literatur yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPIUG) 1983,
2. SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung,
3. SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural,
4. SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung
5. ANSI/AISC 341-10, *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*,
6. SNI 7860:2015 tentang Ketentuan Seismik Untuk Struktur Baja Bangunan Gedung,
7. Buku Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Agus Setiawan),
8. Jurnal-jurnal yang berkaitan dengan Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE).

3.2.3. Preliminary Design

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen-elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur dan merencanakan dimensi profil yang akan digunakan.

3.2.3.1. Perencanaan Struktur Sekunder

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur dan merencanakan dimensi profil yang akan digunakan yang meliputi:

1. Plat Lantai,
2. Tangga,
3. Balok Penumpu Lift

3.2.3.2. Perencanaan Struktur Primer

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur dan merencanakan dimensi profil yang akan digunakan yang meliputi:

1. Dimensi Balok,
2. Dimensi Kolom,
3. Dimensi Bresing,
4. Perencanaan Panjang *Link*

3.2.4. Perhitungan Pembebanan Struktur

Pembebanan pada struktur ini menggunakan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983 untuk pembebanannya dan SNI 1726:2012: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung; untuk peraturan pembebanan gempanya. Dimana beban-beban tersebut nantinya akan diimplementasikan pada permodelan gedung dengan menggunakan program bantu analisis struktur. Dari hasil analisis struktur tersebut akan diperoleh gaya-gaya dalam yang dipikul dari tiap-tiap elemen struktur, apakah dapat memikul beban-beban yang bekerja atau tidak. Bila elemen struktur tidak kuat memikul beban yang bekerja, maka perlu dilakukan perubahan dimensi elemen, jika kuat maka lanjut

pada pengontrolan elemen struktur. Perhitungan beban struktur ini meliputi antara lain:

1. Beban Mati (PPIUG 1983, Bab 2)
2. Beban Hidup (PPIUG 1983, Bab 3)
3. Beban Angin (PPIUG 1983, Bab 4)
4. Beban Gempa (SNI 1726:2012)
5. Kombinasi Pembebanan (SNI 1726:2012)

3.2.5. Perhitungan Struktur

3.2.5.1. Perhitungan Struktur Utama

Desain elemen struktur utama dikontrol berdasarkan SNI 1729:2015 agar dapat memikul gaya-gaya yang terjadi. Perencanaan elemen struktur primer ini meliputi:

1. Kolom

Pada perencanaan elemen kolom harus dilakukan pengecekan terhadap hal-hal sebagai berikut:

- **Kuat Rencana Kolom**
Suatu komponen struktur yang mengalami gaya tekan akibat beban terfaktor, harus memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 1729:2015, Bab E.
- **Kontrol Tekuk Lokal**
Pengertian penampang kompak, tak kompak dan langsing suatu komponen struktur yang memikul lentur, ditentukan oleh kelangsingan elemen-elemen tekannya yang ditentukan. Untuk penampang yang digunakan dalam perencanaan struktur baja, maka batasan-batasannya harus sesuai dengan SNI 1729:2015, pasal B4.1.
- **Kontrol Tekuk Lateral**
Kuat komponen struktur dalam memikul momen lentur tergantung dari panjang bentang antara dua pengekang lateral yang berdekatan. Batas-batas bentang pengekang lateral harus sesuai dengan SNI 1729:2015, pasal F2.2.
- **Kontrol Tahanan Geser**
Kuat geser nominal ditentukan oleh kondisi batas leleh/tekuk pada pelat badan. Pelat badan yang memikul gaya geser perlu harus memenuhi

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3.1)$$

dimana: V_u = Gaya geser perlu

ϕ = Faktor reduksi

M_n = Kuat geser nominal pelat badan

Batas-batas kuat geser nominal pelat badan harus sesuai dengan SNI 1729:2015, pasal G2.

- Kekakuan Kolom
Rasio tebal terhadap lebar untuk elemen tekan komponen struktur yang menahan tekan aksial harus sesuai dengan SNI 1729:2015, Tabel B4.1a.
 - Persamaan Interaksi Antara Gaya Normal Tekan dan Lentur
Interaksi lentur dan gaya tekan pada komponen struktur harus sesuai dengan SNI 1729:2015, pasal H1.
2. Balok
Sebuah balok yang memikul beban lentur murni terfaktor M_u harus direncanakan sedemikian rupa sehingga selalu terpenuhi hubungan:

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.2)$$

dimana: M_u = Momen lentur terfaktor

ϕ = Faktor reduksi

M_n = Kuat nominal dari momen lentur penampang

- Kontrol Tekuk Lokal
Pengertian penampang kompak, tak kompak dan langsing suatu komponen struktur yang memikul lentur, ditentukan oleh kelangsingan elemen-elemen tekannya yang ditentukan. Untuk penampang yang digunakan dalam perencanaan struktur baja, maka batasan-batasannya harus sesuai dengan SNI 1729:2015, Tabel B4.1b.
- Kontrol Tekuk Lateral

Kuat komponen struktur dalam memikul momen lentur tergantung dari panjang bentang antara dua pengekang lateral yang berdekatan. Batas-batas bentang pengekang lateral harus sesuai dengan SNI 1729:2015, pasal F2.2.

- Kontrol Tahanan Geser

Kuat geser nominal ditentukan oleh kondisi batas leleh/tekuk pada pelat badan. Pelat badan yang memikul gaya geser perlu harus memenuhi

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3.3)$$

dimana: V_u = Gaya geser perlu

ϕ = Faktor reduksi

M_n = Kuat geser nominal pelat badan

Batas-batas kuat geser nominal pelat badan harus sesuai dengan SNI 1729:2015, pasal G2.

3. Bresing dan Balok diluar *link*

Kekuatan perlu dari bresing diagonal dan sambungan-sambungannya, balok-balok diluar elemen perangkai, dan kolom-kolom harus berdasarkan kombinasi beban dari peraturan bangunan gedung yang berlaku yang mencakup beban seismik teramplifikasi. Dalam penentuan beban seismik teramplifikasi, efek dari gaya horisontal yang mencakup kekuatan-lebih, harus diambil sebagai gaya yang disalurkan dalam komponen struktur dengan mengasumsikan gaya-gaya pada ujung-ujung dari elemen perangkai sesuai dengan kekuatan geser elemen perangkai yang disesuaikan. Kekuatan geser elemen perangkai yang disesuaikan harus diambil sebesar R_y kali kekuatan geser nominal elemen perangkai, V_n , dijelaskan dalam SNI 7860:2015 pasal F3.5b(2) dikalikan dengan 1,25 untuk elemen perangkai profil I dan 1,4 untuk elemen perangkai kotak.

Pengecualian:

- a) Efek dari gaya horisontal yang mencakup kekuatan-lebih, boleh diambil sebesar 0,88 kali gaya-gaya yang ditentukan di atas untuk desain komponen struktur:
- Bagian-bagian dari balok-balok diluar elemen perangkai
 - Kolom dalam rangka dari tiga atau lebih tingkat bresing

4. *Link*

Link adalah bagian dari balok yang direncanakan untuk mendisipasi energi pada saat terjadi gempa kuat. *Link* harus memenuhi perbandingan lebar terhadap tebal sesuai dengan SNI 1729:2015 Tabel B4.1a. Persyaratan yang harus dipenuhi antara lain:

- Kuat geser pada *link* direncanakan berdasarkan SNI 7860:2015 Pasal F3.5b(2),
- Panjang *link* direncanakan berdasarkan SNI 7860:2015 Pasal F3.5b(3),
- Sudut Rotasi *link* adalah sudut inelastis antara link dan bagian balok di luar link pada saat simpangan antar lantai sama dengan simpangan antar lantai rencana, Δ . Sudut Rotasi link direncanakan berdasarkan SNI 7860:2015 Pasal F3.4a.

3.2.5.2. Perhitungan Sambungan

Dalam perencanaan sambungan harus disesuaikan dengan bentuk struktur agar perilaku yang timbul tidak menimbulkan pengaruh-pengaruh yang buuk bagi bagian struktur lain yang direncanakan. Perencanaan sambungan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Gaya-gaya dalam yang disalurkan berada dalam keseimbangan dengan gaya-gaya yang bekerja pada sambungan
- Deformasi sambungan masih berada dalam batas kemampuan
- Sambungan dan komponen yang berdekatan harus mampu memikul gaya-gaya yang bekerja

3.2.5.3. Perencanaan *Base Plate*

Suatu struktur *base plate* dan angkur harus memiliki kemampuan untuk mentransfer gaya geser, gaya aksial dan momen lentur ke elemen struktur dibawahnya. *Base plate* harus didesain agar kuat rencana minimal sama atau lebih besar daripada kuat perlu, yaitu momen lentur (M_u), gaya aksial (P_u), dan gaya geser (V_u) untuk semua macam kombinasi pembebanan yang dipersyaratkan. Perhitungan ini direncanakan mengikuti buku literatur “Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD” karangan Agus Setiawan tahun 2013.

3.2.6. Permodelan Struktur

Melakukan permodelan struktur menggunakan program bantu analisa struktur yang direncanakan sebagai struktur ruang 3 dimensi.

3.2.7. Kontrol Kekuatan *Existing*

Melakukan pengecekan terhadap elemen struktur *existing* pada gedung, dimana pada elemen ini tetap bisa memenuhi persyaratan yang ada.

1. Balok

Balok direncanakan sesuai dengan persyaratan komponen struktur lentur rangka momem khusus. Sehingga harus memenuhi persyaratan pada SNI 2847:2013 pasal 21.5. Jika komponen sudah memenuhi persyaratan maka penulangan pada balok dapat dihitung dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Cek syarat kebutuhan tulangan minimum longitudinal sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.1.
- b. Kontrol spasi jarak penulangan sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 7.6.
- c. Perhitungan kebutuhan penampang akan tulangan geser sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 21 tentang komponen rangka momen khusus yang dikenai beban lentur dan aksial.
- d. Jarak tulangan geser (sengkang) sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.3.2.

2. Kolom

Dalam perencanaan kolom digunakan diagram interaksi dari program bantu PCAcol, dimana gaya – gaya aksial dan momen diperoleh dari output program bantu analisa struktur. Dari diagram interaksi tersebut didapat nilai ρ untuk menghitung kebutuhan tulangan atau $A_{s_{perlu}}$. Kemudian hitung syarat jarak pemasangan tulangan dan kebutuhan tulangan geser sesuai dengan syarat rangka momen khusus, dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Kontrol spasi jarak penulangan sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 7.6
- b. Spasi tulangan geser direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.3.
- c. Pada tugas akhir ini menggunakan kolom persegi, maka luas penampang tulangan geser persegi tidak boleh kurang dari yang ditentukan pada SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.4(b).
- d. Cek kuat geser kolom sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.2

3.2.8. Penggambaran Output Desain

Menggambar hasil modifikasi perencanaan struktur menggunakan program bantu AutoCAD.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

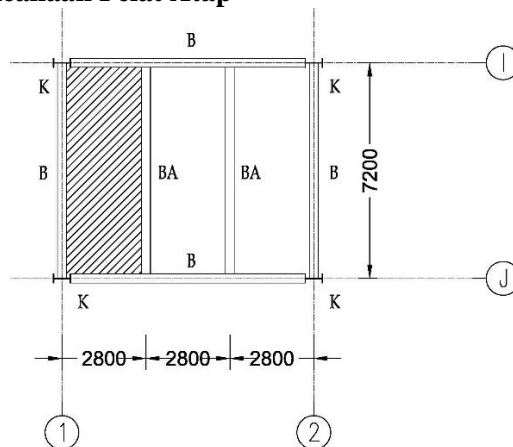
4.1. Umum

Pada bab ini akan menjelaskan tentang perhitungan perencanaan sampai dengan kontrol penampang *existing*.

4.2. Perencanaan Pelat

Perencanaan pelat lantai pada gedung yang direncanakan, menggunakan Bondek dengan tabel perencanaan praktis dari SUPER FLOOR DECK. Struktur lantai direncanakan sesuai dengan bentang dari masing-masing pelat yang direncanakan dengan tebal bondek 0,75 mm, mutu beton $f'c$ 25 MPa, dan tulangan direncanakan menggunakan *wiremesh* dari UNION WIRE MESH.

4.2.1. Perencanaan Pelat Atap



Gambar 4. 1 Pelat Lantai Atap FD2

Beban Mati :

- Berat plafond + penggantung $11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$
- Berat ducting dan plumbing $= 30 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Berat spesi } t = 2 \text{ cm} &= \frac{2 \times 21}{q_{D\text{total}}} = \frac{42 \text{ kg/m}^2}{90 \text{ kg/m}^2}
 \end{aligned}$$

Beban Hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

$$- \text{ Lantai Atap } 20 \text{ psf } q_L = 97,64 \text{ kg/m}^2$$

Beban Berguna :

$$\begin{aligned}
 - Q &= q_D + q_L \\
 &= 90 + 97,64 \\
 &= 187,64 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

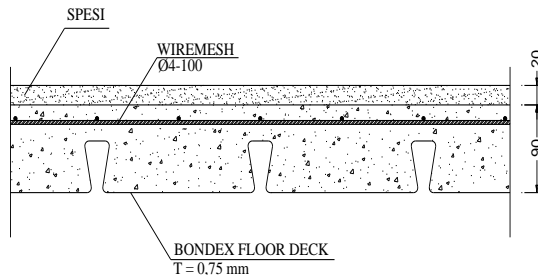
Berdasarkan tabel perancangan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif dan dengan satu baris penyangga didapatkan data-data sebagai berikut :

- Bentang 3 m
- Beban berguna = 200 kg/m²
- Tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif 2,51 cm²/m

Dari tulangan negatif tersebut dikonversikan menjadi tulangan *wiremesh* (dari U-24 menjadi U-50):

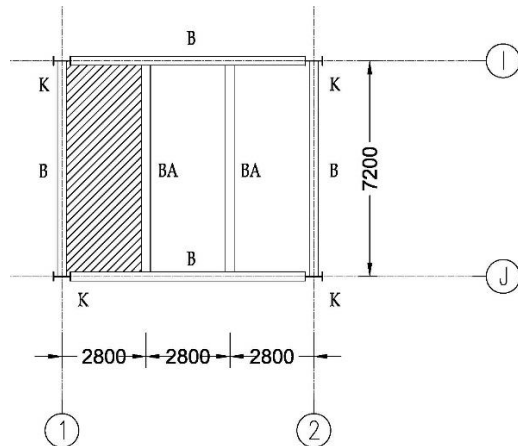
$$\begin{aligned}
 \text{Luas JKBL union} &= 2,51 \text{ cm}^2/\text{m} \times \frac{2400 \text{ kg/cm}^2}{5000 \text{ kg/cm}^2} \\
 &= 2,41 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan *wiremesh* Ø6 – 100 (2,83 cm²/m)



Gambar 4. 2 Penulangan Pelat Atap FD2

4.2.2. Perencanaan Pelat Lantai



Gambar 4. 3 Pelat Lantai FD1

Beban Mati :

- Berat plafon + penggantung $11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$
- Berat ducting dan plumbing $= 30 \text{ kg/m}^2$
- Berat keramik $t = 2 \text{ cm} = 2 \times 24 = 48 \text{ kg/m}^2$
- Berat spesi $t = 2 \text{ cm} = 2 \times 21 = 42 \text{ kg/m}^2 +$
- $q_{D\text{total}} = 138 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

- Lantai Koridor $80 \text{ psf } q_L = 390,56 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

- $Q = q_D + q_L$
- $= 138 + 390,56$
- $= 333,28 \text{ kg/m}^2 \approx 400 \text{ kg/m}^2$

Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif dan satu baris penyangga, didapatkan data-data sebagai berikut :

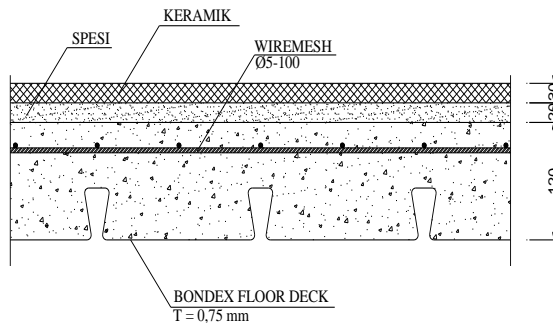
- Bentang 3 m

- Beban berguna = 600 kg/m^2
- Tebal pelat 12 cm, dan tulangan negatif $3,49 \text{ cm}^2/\text{m}$

Dari tulangan negatif tersebut dikonversikan menjadi tulangan *wiremesh* (dari U-24 menjadi U-50):

$$\begin{aligned}\text{Luas JKBL union} &= 3,49 \text{ cm}^2/\text{m} \times \frac{2400 \text{ kg/cm}^2}{5000 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 3,36 \text{ cm}^2/\text{m}\end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan *wiremesh* $\text{Ø}7 - 100$ ($3,36 \text{ cm}^2/\text{m}$)



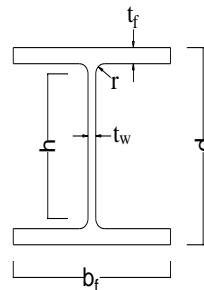
Gambar 4. 4 Penulangan Pelat Lantai FD1

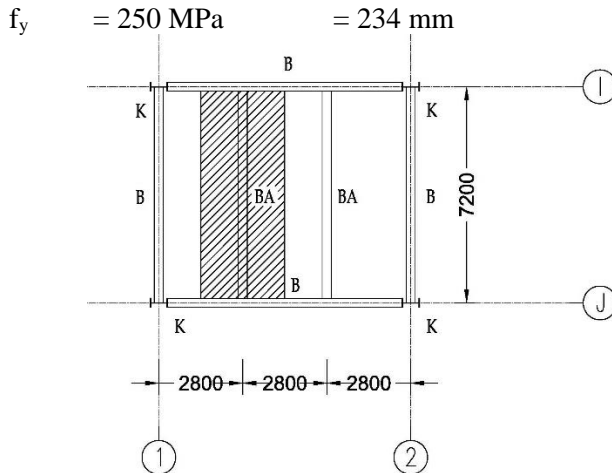
4.3. Perencanaan Balok Anak

4.3.1. Perencanaan Balok Anak Atap

Balok anak yang terletak pada lantai atap direncanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 8 x 12, dengan data-data sebagai berikut:

d	= 294 mm	i_x	= 12,5 cm
b_f	= 200 mm	i_y	= 4,71 cm
t_f	= 12 mm	Z_x	= 823 cm^3
t_w	= 8 mm	Z_y	= 240 cm^3
A	= $72,4 \text{ cm}^2$	S_x	= 771 cm^3
q	= $56,8 \text{ kg/m}$	S_y	= 160 cm^3
I_x	= 11300 cm^4	r	= 18 mm
I_y	= 1600 cm^4	h	= $d - 2(t_f + r)$





Gambar 4. 5 Denah Balok Lantai Atap

- Beban-beban yang bekerja

Beban mati :

- Beban Plat Lantai $= 90 \text{ kg/m}^2$
 - Berat Bondek $= 10,1 \text{ kg/m}^2$
 - Berat Beton $0,09 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 216 \text{ kg/m}^2 +$
- $$q_{D1} = 316,1 \text{ kg/m}^2$$

Beban mati merata :

- $q_{D1} \times L_y$
 $316,1 \text{ kg/m}^2 \times 2,8 \text{ m} = 885,08 \text{ kg/m}$
 - Berat Profil $= 56,8 \text{ kg/m} +$
- $$q_{Dtotal} = 941,88 \text{ kg/m}$$

Beban hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

$$q_L = 2,8 \text{ m} \times 97,64 \text{ kg/m}^2 = 273,39 \text{ kg/m}$$

Beban berfaktor :

$$q_U = 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \text{ (menentukan)}$$

$$= 1,2 \cdot 941,88 + 1,6 \cdot 273,39 = 1567,68 \text{ kg/m}$$

- Gaya dalam yang bekerja pada balok

- Momen:

$$M_u = \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 1567,68 \cdot 7,2^2 \\ = 10158,6 \text{ kg.m}$$

- Gaya Geser:

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 1567,68 \cdot 7,2 \\ = 5643,7 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang (SNI 1729:2015 tabel B4.1) :

Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} = \frac{294}{8} = 36,75$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{255}{2 \times 14} = 9,11$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

- Kontrol kuat lentur akibat tekuk lokal (SNI 1729:2015

Pasal F2.1):

Penampang Kompak :

$$M_n = M_p = Z_x \times f_y \\ = 823 \times 2500 \\ = 2056500 \text{ kg.cm} = 20565 \text{ kg.m}$$

Cek Persyaratan Desain (SNI 1729:2015 Pasal B3-1):

$$M_u < \phi M_n$$

$$10158,6 < 18508,5 \text{ kg.m}$$

$$0,55 < 1 \dots \text{OK!}$$

- Kontrol kuat lentur akibat tekuk lateral :
Panjang tak terkekang adalah jarak antar *shear conector* sesuai tabel perencanaan bondex sehingga $L_b = 60 \text{ cm}$.
Jarak penahan lateral (L_b) = 60 cm

$$L_p = 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1.76 \cdot 6,09 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$= 95,87 \text{ cm}$$

Kondisi balok plastis termasuk dalam bentang pendek $L_b < L_p$ dengan M_n :

$$M_n = M_p$$

$$= Z_x \times f_y$$

$$= 823 \times 2500 = 2056500 \text{ kg.cm}$$

$$= 20565 \text{ kg.m}$$

$$\text{Maka } M_n = M_p = 20565 \text{ kg.m}$$

Cek Persyaratan Desain (SNI 1729:2015 Pasal B3-1):

$$M_u < \phi M_n$$

$$10158,6 < 18508,5 \text{ kg.m}$$

$$0,55 < 1 \dots \text{OK!}$$

- Kontrol kuat geser (SNI 1729:2015 pasal G2):

$$V_n = 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}}; C_v = 1,0$$

$$\frac{190}{14} = 13,6 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{5,0 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi V_n \\
 \phi V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\
 &= 0,6 \times 2500 \times 72,4 \times 1 \\
 &= 108570 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi V_n \\
 5643,7 &< 97713 \text{ kg... OK!}
 \end{aligned}$$

- Kontrol lendutan :

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384EI} \\
 &= \frac{5 \cdot (941,88 + 273,39) \cdot 10^{-2} \cdot 720^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 11300} \\
 &= 1,88 \text{ cm} \\
 \bar{f} &= \frac{L}{\frac{360}{720}} \\
 &= \frac{240}{3} \\
 &= 3 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Cek kontrol lendutan

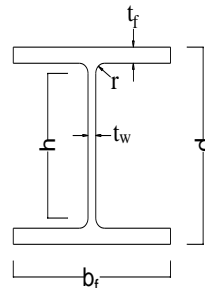
$$\begin{aligned}
 f &< \bar{f} \\
 1,88 &< 3 \text{ cm... OK!}
 \end{aligned}$$

Profil WF 300 x 200 x 8 x 12 dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai atap

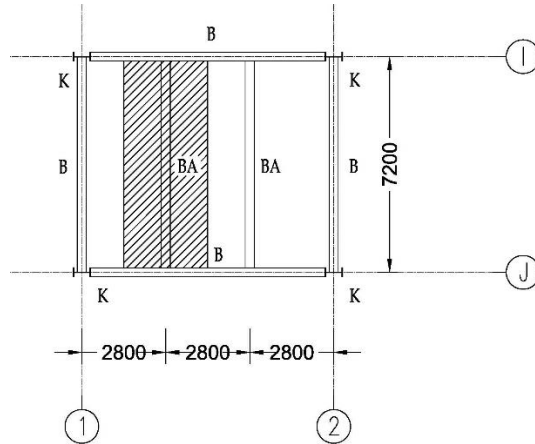
4.3.2. Perencanaan Balok Anak Lantai

Balok anak yang terletak pada lantai atap direncanakan menggunakan profil WF 350 x 250 x 9 x 14, dengan data-data sebagai berikut:

$d = 340 \text{ mm}$	$i_x = 13,1 \text{ cm}$
$b_f = 250 \text{ mm}$	$i_y = 7,51 \text{ cm}$
$t_f = 15 \text{ mm}$	$Z_x = 1465 \text{ cm}^3$
$t_w = 10 \text{ mm}$	$Z_y = 675 \text{ cm}^3$
$A = 119,8 \text{ cm}^2$	$S_x = 1360 \text{ cm}^3$
$q = 94 \text{ kg/m}$	$S_y = 450 \text{ cm}^3$



$$\begin{aligned}
 I_x &= 20400 \text{ cm}^4 & r &= 18 \text{ mm} \\
 I_y &= 6750 \text{ cm}^4 & h &= d - 2(tf+r) \\
 f_y &= 250 \text{ MPa} & &= 234 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 6 Denah Balok Lantai

• Beban-beban yang bekerja

Beban mati :

- Beban Plat Lantai	= 138	kg/m ²
- Berat Bondek	= 10,1	kg/m ²
- Berat Beton 0,12 x 2400 kg/m ³	= 288	kg/m ²
q_{D1}	= 436,1	kg/m ²

Beban mati merata :

- $q_{D1} \times L_y$		
436,1 x 2,8 m	= 1221,08	kg/m
- Berat Profil	= 79,7	kg/m
q_{Dtotal}	= 1300,78	kg/m

Beban hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

$$q_L = 2,8 \text{ m} \times 390,56 \text{ kg/m}^2 = 1093,57 \text{ kg/m}$$

Beban berfaktor :

$$\begin{aligned}
 q_U &= 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \text{ (menentukan)} \\
 &= 1,2 \cdot 1300,78 + 1,6 \cdot 1093,57 = 3311 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Gaya dalam yang bekerja pada balok

- Momen:

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 3311 \cdot 7,2^2 \\
 &= 21453 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Gaya Geser:

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 3311 \cdot 7,2 \\
 &= 11918,3 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kontrol penampang (SNI 1729:2015 tabel B4.1) :

Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} = \frac{340}{9} = 37,77$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{250}{2 \times 14} = 8,93$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

- Kontrol kuat lentur akibat tekuk lokal (SNI 1729:2015

Pasal F2.1):

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned}
 M_n = M_p &= Z_x \times f_y \\
 &= 1360 \times 2500 \\
 &= 3400060 \text{ kg.cm} \\
 &= 34000,6 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Cek persyaratan desain (SNI 1729:2015 Pasal B3-1):

$$M_u < \phi M_n$$

$$21453 < 30600,54 \text{ kg.m}$$

$$0,70 < 1 \dots \text{OK!}$$

- Kontrol kuat lentur akibat tekuk lateral :

Panjang tak terkekang adalah jarak antar *shear conector* sesuai tabel perencanaan bondex sehingga $L_b = 60 \text{ cm}$.

Jarak penahan lateral (L_b) = 60 cm

$$\begin{aligned} L_p &= 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1.76 \cdot 6 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ &= 94,45 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kondisi balok plastis termasuk dalam bentang pendek $L_b < L_p$ dengan M_n :

$$M_n = M_p$$

$$= Z_x \times f_y$$

$$= 1360 \times 2500 = 3400060 \text{ kg.cm}$$

$$= 34000,6 \text{ kg.m}$$

Maka $M_n = M_p = 34000,6 \text{ kg.m}$

Cek Persyaratan Desain (SNI 1729:2015 Pasal B3-1):

$$M_u < \phi M_n$$

$$21453 < 30600,54 \text{ kg.m}$$

$$0,70 < 1 \dots \text{OK!}$$

- Kontrol kuat geser (SNI 1729:2015 pasal G2):

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} ; C_v = 1,0$$

$$\frac{272}{9} = 30 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{5,0 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 101,5 \times 1 \\ &= 152250 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$11918,3 < 137025 \text{ kg... OK!}$$

- Kontrol Lendutan :

$$\begin{aligned} f &= \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 E I} \\ &= \frac{5 \cdot (1300,78 + 1093,57) \cdot 10^{-2} \cdot 720^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 21700} \end{aligned}$$

$$= 1,93 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \bar{f} &= \frac{L}{\frac{240}{720}} \\ &= \frac{240}{240} \\ &= 3 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f < \bar{f}$$

$$1,93 < 3,00 \dots \text{OK!}$$

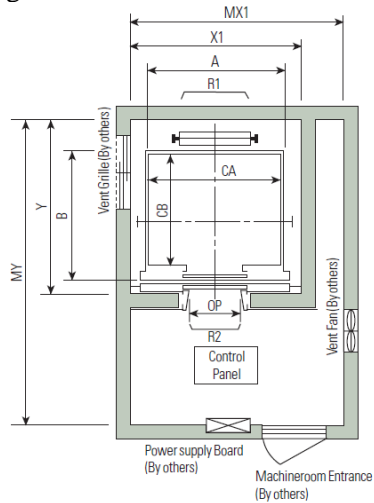
Profil WF 350 x 250 x 9 x 14 dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai.

4.4. Perencanaan Balok *Lift*

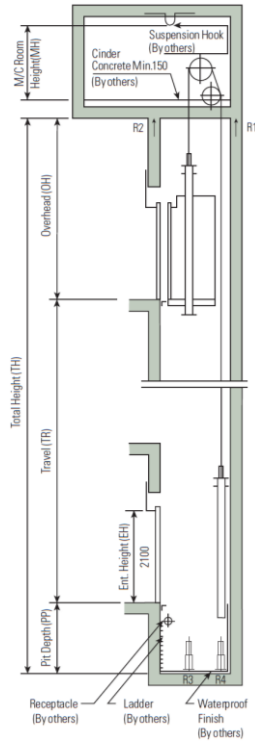
Pada perencanaan balok *lift* meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin *lift*. Pada bangunan ini menggunakan *lift* penumpang dengan data-data sebagai berikut (untuk lebih jelasnya lihat lampiran brosur *lift*) :

- Tipe *lift* : *Passenger Elevators*
- Merek : HYUNDAI
- Kapasitas : 17 Orang /1150 kg

- Lebar pintu (*opening width*) : 1000 mm
- Dimensi ruang luncur (*hoistway inside*) 1 Car : 2350 x 2200 mm²
- Dimensi sangkar (*Car size*)
 - Internal : 1800 x 1500 mm²
 - Eksternal : 1900 x 1670 mm²
- Dimensi ruang mesin (*1 Car*) : 2600 x 3900 mm²
- Beban reaksi ruang mesin:
 - $R_1 = 6600 \text{ kg}$
 - $R_2 = 5100 \text{ kg}$



Gambar 4. 7 Denah Lift



Gambar 4. 8 Potongan Melintang Lift

Balok *lift* direncanakan menggunakan profil WF 300 × 200 × 8 × 12 dengan data sebagai berikut:

$W = 56,8 \text{ kg/m}$	$b_f = 200 \text{ mm}$	$h_w = 294 - 2(12 + 18)$
$A = 72,38 \text{ cm}^2$	$r = 18 \text{ mm}$	$= 234 \text{ mm}$
$t_w = 8 \text{ mm}$	$Z_x = 823 \text{ cm}^3$	$i_y = 4,71 \text{ cm}$
$t_f = 12 \text{ mm}$	$I_x = 11300 \text{ cm}^4$	
$d = 294 \text{ mm}$	$I_y = 1600 \text{ cm}^4$	

- Pembebanan pada balok penumpang lift
- Beban mati

$$\begin{aligned}
 \text{Berat profil balok penggantung lift} &= 56,8 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat sambungan, dll(10\%)} &= \underline{5,68 \text{ kg/m}} + \\
 q_D &= 62,5 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Beban merata ultimate

$$\begin{aligned}
 q_U &= 1.4 q_D \\
 &= 1.4 (62,5) = 87,472 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

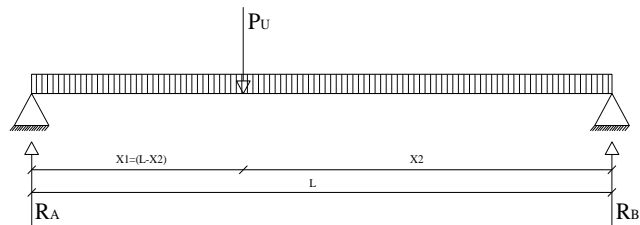
- Beban terpusat lift

Pada pasal 4.6 Impact Load SNI 1727:2013 (Peraturan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain) menyatakan bahwa semua beban elevator harus ditingkatkan 50% untuk mesin yang bergerak maju dan mundur atau unit tenaga-*driven*, Semua persentase harus meningkat bila disyaratkan oleh produsen.

$$R_A = R_1 \cdot KLL = 6600 \times (1 + 50\%) = 9900 \text{ kg}$$

$$R_B = R_2 \cdot KLL = 5100 \times (1 + 50\%) = 7650 \text{ kg}$$

- Perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok penumpu lift



Gambar 4. 9 Model Pembebanan Balok Penumpu Lift

$$\sum M_A = 0$$

$$-R_B \cdot L + P_u \cdot X_1 = 0$$

$$7650 \cdot 2,2 = P_u \cdot X_1$$

$$P_u = \frac{16830}{X_1} \dots\dots\dots \text{persamaan 1}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$\begin{aligned}
 R_A \cdot L - P_u \cdot (L - X_1) &= 0 \\
 9900 \cdot 2,2 &= \frac{16830}{X_1} (2,2 - X_1) \\
 21780 &= \frac{37026}{X_1} - 16830 \\
 38610 &= \frac{37026}{X_1} \\
 X_1 &= 0,959 \text{ m} \\
 X_2 = L - X_1 & \\
 &= 2,2 \text{ m} - 0,959 \text{ m} \\
 &= 1,24 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u &= \frac{16830}{X_1} \\
 &= \frac{29070}{1,24} \\
 &= 13561,36 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Momen Maksimum

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{P_u \cdot X_1 \cdot X_2}{L} + \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot L^2 \\
 &= \frac{13561,4 \cdot 0,959 \cdot 1,24}{2,2} + \frac{1}{8} \cdot 87,472 \cdot 2,2^2 \\
 &= 7389,1 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Gaya Geser

$$\begin{aligned}
 V_u &= R_A + \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L \\
 &= 9900 + \frac{1}{2} \cdot 87,472 \cdot 2,2 \\
 &= 9996,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur
- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal (SNI 1729:2015 tabel B4.1)

Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} = \frac{234}{8} = 29,25$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{250}{2 \times 12} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 823 = 2056500 \text{ kg.cm} \\ &= 20565 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral ($L_b = 220 \text{ cm}$).

$$\begin{aligned} L_p &= 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1.76 \cdot 4,71 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ &= 234,47 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kondisi Balok termasuk dalam bentang pendek $L_b < L_p$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 823 = 2056500 \text{ kg.cm} \\ &= 20565 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 20565 \\ &= 18508,5 \text{ kgm} > 7389,1 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$1 > 0,4 \dots \text{OK!}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} ; C_v = 1,0$$

$$\frac{234}{8} = 29,25 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{5,0 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,9 \times 0,6 \times 2500 \times 72,4 \times 1 \\ &= 97713 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$V_u < \phi V_n$$

$$9996,2 < 97713 \text{ kg... OK!}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 220 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}\bar{f} &= \frac{L}{\frac{360}{220}} \\ &= \frac{360}{220} \\ &= 0,611 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f &= \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384EI} \\ &= \frac{5 \cdot 124,123 \cdot 10^{-2} \cdot 220^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 11300} \\ &= 0,17 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$f < \bar{f}$$

$$0,17 < 0,611 \text{... OK!}$$

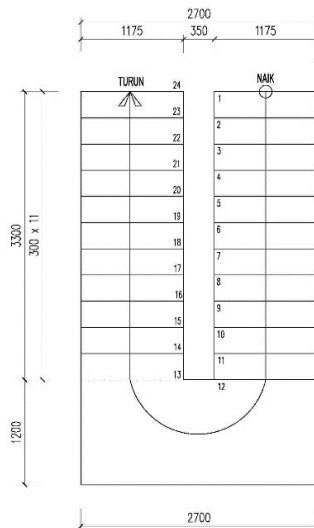
4.5. Perencanaan Tangga

Pada gedung ini struktur tangga direncanakan sebagai tangga darurat dengan menggunakan konstruksi dari baja.

4.5.1. Perencanaan Pelat Tangga

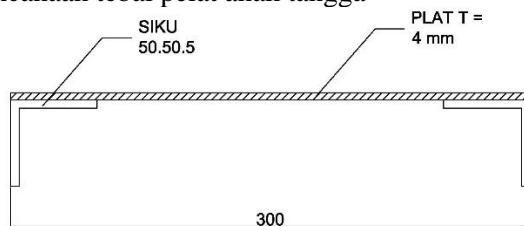
- Tinggi antar lantai = 420 cm
- Panjang bordes = 270 cm
- Tinggi Bordes = 210 cm
- Lebar tangga = 117,5 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Lebar pegangan tangga = 35 cm

- Perencanaan jumlah injakan tangga
 Persyaratan-persyaratan jumlah injakan tangga
 $60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm}$
 $25^{\circ} < a < 40^{\circ}$
 Dimana :
 t = tinggi injakan (cm)
 i = lebar injakan (cm)
 a = kemiringan tangga
- Perhitungan jumlah injakan tangga
 Tinggi injakan (t) = 17,5 cm
 Jumlah tanjakan = $\frac{(420/2)}{17,5} = 12$ buah
 Jumlah injakan (n) = 12 - 1 = 11 buah
 $60 \text{ cm} \leq (2 \times 17,5 + 30) \leq 65 \text{ cm}$
 $60 \text{ cm} < 65 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm} \dots \text{OK!}$
 Lebar bordes = 120 cm
 Lebar tangga = 117,5 cm
 $a = \text{arc tg} \left(\frac{420/2}{330} \right) = 32,47^{\circ}$



Gambar 4. 10 Denah Tangga

- Perencanaan tebal pelat anak tangga



Gambar 4. 11 Pelat Anak Tangga

Tebal pelat tangga = 4 mm
 Berat jenis baja = 7850 kg/m^3
 Mutu baja BJ 41 $f_y = 2500 \text{ kg/m}^2$

- Perencanaan pembebanan pelat tangga
Beban mati

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Berat pelat} & = 0.004 \times 1.175 \times 7850 & = 36,9 \text{ kg/m} \\
 \text{Alat penyambung (10\%)} & & = 3,69 \text{ kg/m} + \\
 q_D & & = 40,58 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

Beban hidup merata (SNI 1727:2013, Tabel 4-1)

$$q_L = 4,79 \text{ kN/m}^2 = 488,4 \text{ kg/m}^2$$

$$q_L = 488,4 \times 1,175 = 573,913 \text{ kg/m}$$

Terpusat (SNI 1727:2013 pasal 4.5.4)

$$P_L = 1,33 \text{ kN} = 135,58 \text{ kg}$$

$$q_{\text{TOTAL}} = 40,58 + 573,913 = 614,31 \text{ kg/m}$$

- Perhitungan M_D dan M_L

$$M_D = 1/8 q_D L^2 = 1/8 \times 40,58 \times 0,30^2 = 0,457 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 1/8 q_L L^2 = 1/8 \times 573,913 \times 0,30^2 = 6,454 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 1/4 P_L L = 1/4 \times 135,58 \times 0,30 = 10,168 \text{ kg.m}$$

M_L yang menentukan adalah 10,168 kg.m

- Perhitungan kombinasi pembebanan M_U

$$M_U = 1,4 M_D = 1,4 \times 0,457 = 0,639 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned}
 M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L = 1,2 \times 0,457 + 1,6 \times 10,17 \\
 &= 16,817 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

M_U yang menentukan adalah 16,817 kg.m

- Kontrol momen lentur

$$Z_x = 1/4 b h^2 = 1/4 \times 117,5 \times 0,40^2 = 4,7 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi Z_x \times f_y = 0,9 \times 4,7 \times 2500 = 10575 \text{ kg.cm} \\
 &= 105,75 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Syarat : $\phi M_n > M_u$

$$105,75 \text{ kg.m} > 16,817 \text{ kg.m} \dots \text{OK!}$$

- Kontrol lendutan

$$\bar{f} = \frac{L}{240} = \frac{30}{240} = 0,125 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 117,5 \times 0,4^3 = 0,627 \text{ cm}^4$$

$$f = \frac{5 \cdot q_{\text{total}} \cdot l^4}{384 \cdot E I_x}$$

$$= \frac{5 \cdot 6,143 \cdot 30^3}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 0,627} = 0,0517$$

$$f < \bar{f} \rightarrow 0,0517 < 0,125 \text{ cm... OK!}$$

- Perencanaan pengaku anak tangga

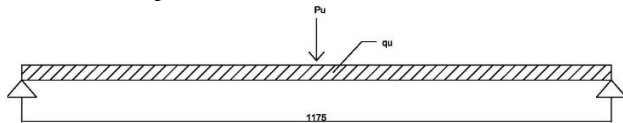
Direncanakan menggunakan profil siku $50 \times 50 \times 5$ dengan data sebagai berikut :

$$b = 50 \text{ mm} \quad I_x = 11 \text{ cm}^4 \quad i_y = 1,51 \text{ cm}$$

$$t_w = 5 \text{ mm} \quad I_y = 11 \text{ cm}^4 \quad i_x = 1,51 \text{ cm}$$

$$W = 3,77 \text{ kg/m} \quad A = 4,8 \text{ cm}^2$$

- Perencanaan pembebanan



Gambar 4. 12 Sketsa Pembebanan Pengaku Anak Tangga

Beban mati (1/2 lebar injakan)

$$\text{Berat pelat} = 0,15 \times 0,004 \times 7850 = 4,71 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat baja siku } 50 \times 50 \times 5 = 3,77 \text{ kg/m} +$$

$$= 8,48 \text{ kg/m}$$

$$\text{Alat penyambung (10\%)} = 0,85 \text{ kg/m} +$$

$$q_D = 9,328 \text{ kg/m}$$

Beban hidup (1/2 lebar injakan)

$$q_L = 488,28 \times 0,15 = 73,24 \text{ kg/m}$$

$$P_L = 135,58 \text{ kg}$$

$$q_{\text{TOTAL}} = 9,328 + 73,24 = 82,57 \text{ kg/m}$$

- Perhitungan M_D dan M_L

$$M_D = 1/8 \times q_D \times L^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 1/8 \times 9,328 \times 1,175^2 = 1,61 \text{ kg.m} \\
 M_L &= 1/8 \times q_L \times L^2 \rightarrow \text{akibat beban merata} \\
 &= 1/8 \times 73,24 \times 1,175^2 = 12,64 \text{ kg.m} \\
 M_L &= 1/4 \times P \times L \rightarrow \text{akibat beban terpusat} \\
 &= 1/4 \times 135,58 \times 1,175 = 39,825 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= 1,2 \left(\frac{1}{2} \times q_D \times L \right) + 1,6 \left(\frac{1}{2} \times P_L \right) \\
 &= 1,2 \left(\frac{1}{2} \times 9,328 \times 1,175 \right) + 1,6 \left(\frac{1}{2} \times 135,58 \right) \\
 &= 115,04 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan kombinasi pembebanan M_U

$$\begin{aligned}
 M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\
 &= 1,2 \times 1,61 + 1,6 \times 39,825 = 65,652 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Kontrol penampang profil

Pelat sayap :

$$\lambda = \frac{b_f}{t_f} = \frac{50}{5} = 10$$

$$\lambda_p = 0,54 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 15,27$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Profil Sayap Kompak

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = M_p = Z_x \times f_y$$

$$\begin{aligned}
 Z_x &= (t_f \times d) \frac{1}{2} d + (t_f(b-t_f)) \frac{1}{2} t_w \\
 &= (0,5 \times 5) \frac{1}{2} \cdot 5 + (0,5(5-0,5)) \frac{1}{2} \cdot 0,5 \\
 &= 6,813 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi Z_x \times f_y \\
 &= 0,9 \times 6,813 \times 2500 \\
 &= 15328,1 \text{ kg.cm} \\
 &= 153,281 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Syarat : $\phi M_n > M_u$

152,281 kg.m kgm > 65,652 kg.m... **OK!**

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{(50-5)}{5} = 9 ; 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h}{t_w} < 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}}$$

maka $C_v = 1$; sehingga

$$V_n = 0,9 \times 2500 \times 4,8 \times 1$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 7200$$

$$= 6480 \text{ kg} > 115,04 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 117,5 \text{ cm}$$

$$\bar{f} = \frac{L}{240} = \frac{117,5}{240} = 0,49 \text{ cm}$$

Akibat beban mati merata

$$\begin{aligned} f &= \frac{5 \cdot q l^4}{384 \cdot E I_x} \\ &= \frac{5 \cdot 0,093 \cdot 117,5^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 11} = 0,011 \text{ cm} \end{aligned}$$

Akibat beban hidup merata

$$\begin{aligned} f &= \frac{5 \cdot q l^4}{384 \cdot E I_x} \\ &= \frac{5 \cdot 0,732 \cdot 117,5^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 11} = 0,083 \text{ cm} \end{aligned}$$

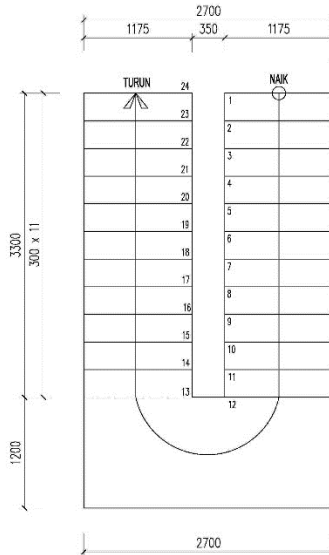
Akibat beban hidup terpusat

$$\begin{aligned} f &= \frac{1 \cdot P l^3}{48 \cdot E I_x} \\ &= \frac{1 \cdot 135,576 \cdot 117,5^3}{48 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 11} = 0,208 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{0,011^2 + 0,208^2}$$

$$f < f_{ijin} \rightarrow 0,219 < 0,49 \text{ cm... OK!}$$

4.5.2. Bordes



Gambar 4. 13 Denah Bordes

- Pelat bordes
 - Tebal pelat bordes = 7 mm
 - Berat jenis baja = 7850 kg/m³
 - Mutu baja BJ 41 → f_y = 2500 kg/m²
- Perencanaan pembebanan pelat bordes
 - Beban mati
 - Berat pelat = $0,007 \times (1,175/2) \times 7850 = 32,283 \text{ kg/m}$
 - Alat penyambung (10%) = $3,228 \text{ kg/m}$ +
 - $q_D = 35,51 \text{ kg/m}$
 - Beban hidup (SNI 1727:2013 tabel 4.1)
 - $q_L = 488,4 \text{ kg/m}^2 \times (1,175/2) \text{ m} = 286,86 \text{ kg/m}$

$$q_{\text{TOTAL}} = 35,51 + 286,86 = 322,37 \text{ kg/m}$$

$$P_L = 135,62 \text{ kg}$$

- Perhitungan M_D dan M_L

$$\begin{aligned} M_D &= 1/8 \times q_D \times l^2 \\ &= 1/8 \times 35,51 \times (1,175)^2 \\ &= 6,13 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_L &= 1/8 \times q_L \times l^2 \\ &= 1/8 \times 286,86 \times (1,175)^2 \\ &= 49,51 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Kombinasi pembebanan M_U

$$\begin{aligned} M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\ &= 1,2 \times 6,13 + 1,6 \times 49,51 \\ &= 86,56 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Kontrol momen lentur

$$\begin{aligned} Z_x &= 1/4 bh^2 = 1/4 \times 117,5 \times 0,7^2 \\ &= 14,39 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \times f_y \\ &= 14,39 \times 2500 \\ &= 35984,375 \text{ kg.cm} \\ &= 359,84 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang (SNI 1729:2015 persamaan B3-1)

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 359,84 \\ &= 323,9 \text{ kg.m} \geq 86,56 \text{ kg.m... OK!} \end{aligned}$$

- Kontrol lendutan (SNI 1729:2002 Tabel 6.4-1)

$$L = 58,75 \text{ cm}$$

$$\bar{f} = \frac{L}{240} = \frac{58,75}{240} = 0,245 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12} \times 117,5 \times 0,7^3 = 3,359 \text{ cm}^4$$

Akibat beban mati merata

$$f = \frac{5 \cdot q_{\text{total}} \cdot l^4}{384 \cdot EI_x}$$

$$= \frac{5 \cdot 3,224 \cdot 58,75^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 3,359} = 0,074$$

$$f < \bar{f} \rightarrow 0,074 < 0,245 \text{ cm... OK!}$$

- Perencanaan Balok Pengaku Pelat Bordes

Direncanakan memakai profil WF 100 × 50 × 5 × 7

$$d = 100 \text{ mm} \quad t_f = 7 \text{ mm} \quad r = 8 \text{ mm}$$

$$b = 50 \text{ mm} \quad Z_x = 41,8 \text{ cm}^3 \quad I_x = 187 \text{ cm}^4$$

$$t_w = 5 \text{ mm} \quad W = 9,3 \text{ kg/m} \quad h = 70 \text{ mm}$$

- Perencanaan pembebanan balok penumpu pelat bordes
Beban mati

$$\text{Berat pelat} = 0,007 \times (1,175/2) \times 7850 = 32,283 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat profil} &= 9,3 \text{ kg/m} + \\ &= 41,583 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat sambungan dan lain-lain 10\%} &= 4,158 \text{ kg/m} + \\ q_D &= 45,741 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban hidup

Total beban hidup

$$q_L = (1,175/2) \times 488,28 = 286,86 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} V_D &= \frac{1}{2} \cdot q_D \cdot L \\ &= \frac{1}{2} \times 45,741 \times 1,175 \\ &= 26,87 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_D &= \frac{1}{8} \cdot q_D \cdot L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 45,74 \times (1,175)^2 \\ &= 7,89 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$V_L = \frac{1}{2} \times q_L \times L$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{2} \times 286,863 \times 1,175 \\
 &= 168,53 \text{ kg} \\
 M_L &= \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 286,86 \times (1,175)^2 \\
 &= 49,51 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Kombinasi pembebanan

$$\begin{aligned}
 V_U &= 1.2V_D + 1.6V_L \\
 &= 1.2 (26,87) + 1.6 (168,53) \\
 &= 301,9 \text{ kg} \\
 M_U &= 1.2 M_D + 1.6 M_L \\
 &= 1.2 (7,89) + 1.6 (49,51) \\
 &= 88,68 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Kontrol penampang

Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} = \frac{70}{5} = 14$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{50}{2 \times 7} = 3,57$$

$$\lambda_{pf} = 0,54 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,54 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 15,27$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}
 M_n = M_p &= Z_x \times f_y \\
 &= 41,8 \times 2500 \\
 &= 104487,5 \text{ kg.cm} \\
 &= 1044,875 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 1044,875$$

$$= 940,388 \text{ kg.m} \geq 88,68 \text{ kg.m... OK!}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}}; C_v = 1,0$$

$$\frac{70}{5} = 14 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{5,0 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}}$$

$$V_u < \phi V_n$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \times 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,9 \times 0,6 \times 2500 \times 17,9 \times 1 \\ &= 24097,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$301,9 < 24097,5 \text{ kg... OK!}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 117,5 \text{ cm}$$

$$\bar{f} = \frac{L}{240} = \frac{117,5}{240} = 0,49 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f &= \frac{5 \cdot q_{\text{total}} \cdot l^4}{384 \cdot E I_x} \\ &= \frac{5 \cdot 3,326 \cdot 117,5^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 187} = 0,022 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f < \bar{f}$$

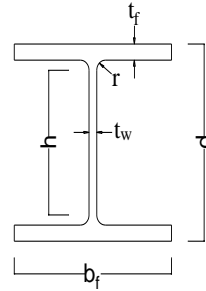
$$0,022 < 0,49 \text{ cm... OK!}$$

4.5.3. Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata yang berasal dari berat sendiri dan beban dari anak

tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 250 x 125 x 6 x 9, dengan spesifikasi sebagai berikut:

d	= 250 mm	i_x	= 10,4 cm
b_f	= 125 mm	i_y	= 2,79 cm
t_f	= 9 mm	Z_x	= 352 cm ³
t_w	= 6 mm	Z_y	= 70 cm ³
A	= 37,66 cm ²	S_x	= 324 cm ³
q	= 29,6 kg/m	S_y	= 47 cm ³
I_x	= 4050 cm ⁴	r	= 12 cm
I_y	= 294 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
f_y	= 250 MPa		= 208 mm



- Perencanaan Pembebanan Anak Tangga

Beban mati (anak tangga)

$$\text{Berat pelat } 0,004 \times (1,175 \times 0,5) \times 7850 = 18,45 \text{ kg/m}$$

Berat profil siku

$$\frac{3,77 \text{ kg} \times 2 \text{ buah} \times 11 \text{ anak tangga} \times 0,6}{3,91} = 12,5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil balok } \frac{29,6}{\cos 32,47^\circ} = 35,1 \text{ kg/m} +$$

$$= 65,99 \text{ kg/m}$$

Berat alat penyambung 10%

$$= 6,59 \text{ kg/m} +$$

$$q_{D1} = 72,589 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

$$q_{L1} = 488,4 \times 0,588$$

$$= 286,863 \text{ kg/m}$$

$$q_{U1} = 1,2 q_D + 1,6 q_L$$

$$= 1,2 \times 72,59 + 1,6 \times 286,863$$

$$= 546,09 \text{ kg/m}$$

- Perencanaan Pembebanan Balok Bordes

Beban mati (balok bordes)

$$\text{Berat pelat } 0,007 \times (1,175 \times 0,5) \times 7850 = 32,28 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat balok bordes } \frac{9,3 \times 0,59}{1,2} = 4,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil balok } = 29,6 \text{ kg/m} +$$

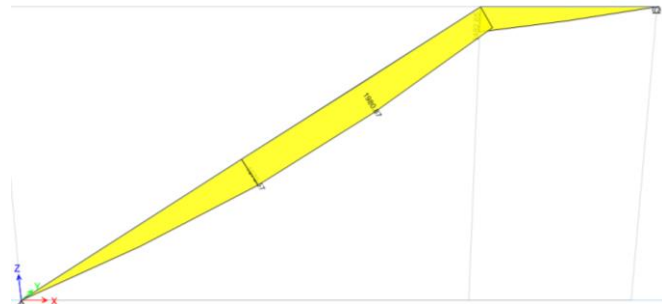
$$= 66,436 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat alat penyambung 10\%} &= \frac{6,64 \text{ kg/m} +}{q_{D1}} = 73,080 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

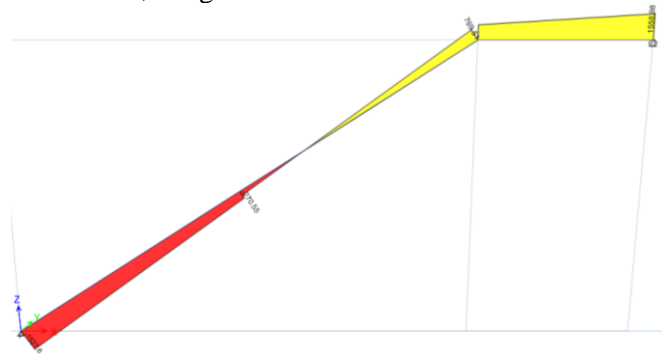
Beban hidup

$$\begin{aligned} q_{L1} &= 488,4 \times 0,588 \\ &= 286,863 \text{ kg/m} \\ q_{U1} &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= 1,2 \times 73,08 + 1,6 \times 286,863 \\ &= 546,68 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

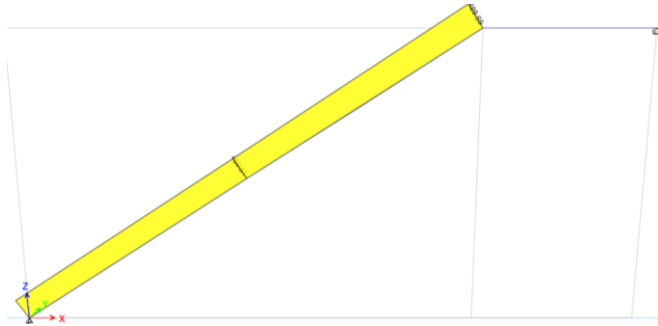
Dengan program bantu ETABS 2013 didapat gaya dalam sebagai berikut:



$$M_u = 1980,87 \text{ kg.m}$$



$$V_u = 1527,6 \text{ kg}$$



$$N_u = 489,69 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} = \frac{208}{6} = 34,667$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,3$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{125}{2 \times 9} = 6,94$$

$$\lambda_{pf} = 0,54 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,54 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 15,27$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times f_y \\ &= 351,86 \times 2500 \\ &= 879653 \text{ kg.cm} = 8796,5 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 8796,5$$

$$= 7916,87 \text{ kg.m} \geq 1980,87 \text{ kg.m... OK!}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$\begin{aligned} L_b &= \sqrt{30^2 + 17,5^2} \\ &= 34,731 \text{ cm (pengaku anak tangga)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1.76 \cdot 2,79 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ &= 138,89 \text{ cm} \end{aligned}$$

$L_b < L_p \rightarrow$ bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times f_y \\ &= 351,86 \times 2500 = 879653 \text{ kg.cm} \\ &= 8796,5 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 8796,5 \\ &= 7916,87 \text{ kg.m} \geq 1980,87 \text{ kg.m... OK!} \end{aligned}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}}; C_v = 1,0$$

$$\frac{208}{6} = 34,67 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{5,0 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}}$$

$$V_u < \phi V_n$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \times 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,9 \times 0,6 \times 2500 \times 37,7 \times 1 \\ &= 50841 \text{ kg} \end{aligned}$$

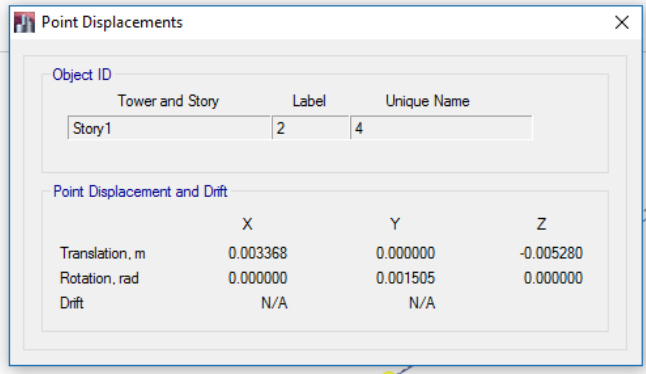
$$V_u \leq \phi V_n$$

$$1527,6 < 50841 \text{ kg... OK!}$$

- Kontrol Lendutan

$$L = \sqrt{3,3^2 + 2,1^2} = 3,912 \text{ m} + 1,2 \text{ m} = 5,11 \text{ m} = 511 \text{ cm}$$

$$\bar{f} = \frac{L}{240} = \frac{511}{240} = 2,13 \text{ cm}$$



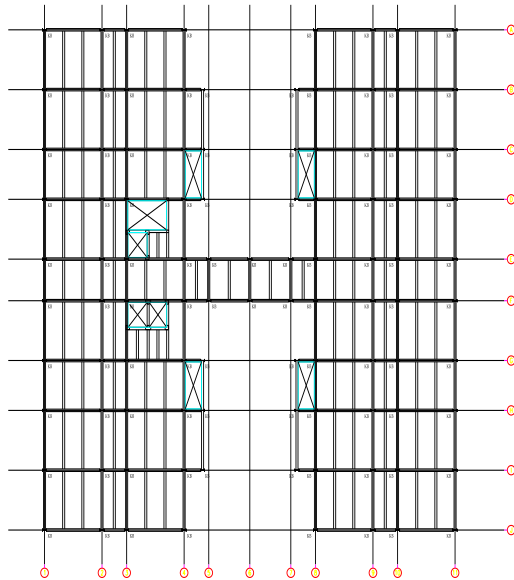
Point Displacements			
Object ID			
Tower and Story	Label	Unique Name	
Story1	2	4	
Point Displacement and Drift			
	X	Y	Z
Translation, m	0.003368	0.000000	-0.005280
Rotation, rad	0.000000	0.001505	0.000000
Drift	N/A	N/A	

$$f < \bar{f}$$

$$0,528 < 2,13... \text{ OK!}$$

4.6. Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur pada tugas akhir ini yaitu penambahan lantai menggunakan baja dengan Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE). Struktur rangka bresing eksentris berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi akibat gempa. Struktur yang direncanakan adalah bangunan apartemen yang terdiri dari 15 lantai dengan total tinggi struktur 63,55 meter. Denah dari struktur yang ada dalam permodelan tugas akhir penulis adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 14 Denah Struktur Dental UB Malang

4.6.1. Data Gedung Modifikasi

Data-data modifikasi gedung Dental UB Malang yang digunakan dalam pembebanan adalah sebagai berikut:

Fungsi Bangunan : Fasilitas Pendidikan

Faktor Keutamaan (I_e) : IV

Mutu Baja : BJ 41

Mutu Beton : f_c' 30 MPa

Lebar Gedung : 60 m

Panjang Gedung : 60,2 m

Tinggi Total Gedung : 59,35 m

Tinggi Antar Lantai : 4,2 m

Pelat Lantai Atap : *Super Floor Deck*, $t = 9$ cm

Pelat Lantai : *Super Floor Deck*, $t = 12$ cm

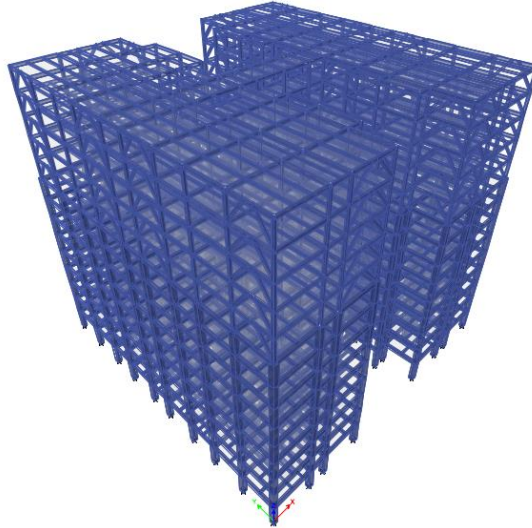
Profil Kolom : WF 400 x 400 x 20 x 35

Profil Balok : WF 600 x 300 x 12 x 20

Profil Bresing : WF 350 x 350 x 12 x 19

4.6.2. Pemodelan Struktur 3 Dimensi

Berikut adalah pemodelan struktur 3 dimensi yang sudah dilakukan dalam program bantu ETABS 2013, disajikan pada Gambar 4.15.



Gambar 4. 15 Pemodelan Struktur Utama

Pembebanan struktur didasarkan pada SNI 1727:2013 dengan rincian sebagai berikut:

1. Beban mati (*Dead Load*)

Beban mati adalah seluruh bagian bangunan yang bersifat tetap yang tidak terpisahkan dari bangunan selama masa layannya. Beban mati yang dihitung pada struktur ini antara lain :

- Berat sendiri beton bertulang yang memiliki massa jenis sebesar 2400 kg/m^3
- Berat pelat bondek sebesar $10,1 \text{ kg/m}^2$
- Berat sendiri baja profil yang terpasang sebagai struktur rangka baja berupa kolom, balok, dan bresing dengan massa jenis sebesar 7850 kg/m^3 .
- Beban dinding bata ringan sebesar $115,6 \text{ kg/m}^2$

- Beban spesi sebesar 22 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm.
- Beban *ducting plumbing* yang ditetapkan sebesar 30 kg/m^2 .
- Beban plafon dan penggantung sebesar 18 kg/m^2 .
- Beban lift adalah beban terpusat pada balok lantai teratas. Besar beban lift terlampir.

2. Beban hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah beban yang bertumpu pada bangunan yang memiliki kemungkinan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup sudah termasuk perlengkapan ruangan dan rincian pembebanan untuk beban hidup adalah sebagai berikut :

- Lantai atap $= 97,64 \text{ kg/m}^2$
- Lantai kuliah $= 195,28 \text{ kg/m}^2$
- Lantai koridor $= 390,56 \text{ kg/m}^2$

3. Beban gempa (*Earthquake Load*)

Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik. Untuk parameter gempa yang digunakan diambil dari website dinas Pekerjaan Umum dengan lokasi input berada di Malang.

4.6.3. Pembebanan Gempa Dinamis

Pada struktur gedung Dental UB Malang ini mempunyai jumlah lantai 15 tingkat dengan ketinggian 59,35 m. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 1726:2012. Analisisnya dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

- Penentuan Klasifikasi Situs

Tabel 4. 1 Data Tanah Berdasarkan N-SPT

d_i	N_i	d_i/N_i
2,5	10	0,25
2	13	0,153
6	13,33	0,45
8,5	43	0,198

$$\sum d_i = 19 \text{ m}$$

$$\sum \frac{d_i}{N_i} = 1,052$$

$$N = \frac{\sum d_i}{\sum \frac{d_i}{N_i}} = 18,07$$

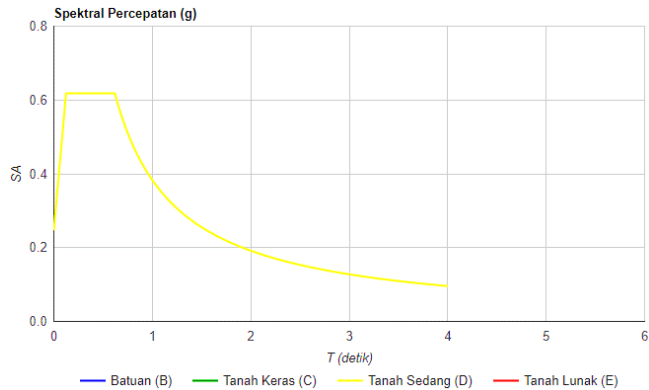
$15 < N < 50$, maka dari data tersebut didapatkan bahwa jenis tanahnya yang akan digunakan dalam perhitungan beban gempa adalah tanah sedang.

- Parameter Respon Spektrum Rencana

Parameter respon spektrum rencana digunakan untuk menentukan gaya gempa rencana yang bekerja pada struktur. Berikut adalah nilai parameter respon spektrum untuk wilayah Malang dengan kondisi tanah sedang (kelas situs SD), disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Parameter Respon Gempa Wilayah Malang untuk Kelas Situs SD

Variabel	Nilai
PGA (g)	0,399
S_S (g)	0,781
S_1 (g)	0,33
F_A	1,188
F_V	1,74
S_{MS} (g)	0,927
S_{M1} (g)	0,574
S_{DS} (g)	0,618
S_{D1} (g)	0,383
T_0 (detik)	0,124
T_1 (detik)	0,619



Gambar 4. 16 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Malang

- Arah Pembebanan

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah x dan y secara bolak-balik dan periodikal. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang

sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas 30%.

- Gempa Respon Spektrum X :
100% efektivitas untuk arah X dan 30% efektivitas arah Y
- Gempa Respon Spektrum Y :
100% efektivitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X
- Faktor Reduksi Gempa (R)
Gedung ini direncanakan penambahan lantai dengan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) baja. Berdasarkan tabel 9 SNI 1726:2012 didapatkan nilai faktor pembesaran defleksi (C_d) = 4, dan nilai koefisien modifikasi respon (R) = 8.
- Faktor Keutamaan (I_e)
Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e . Gedung ini direncanakan sebagai bangunan hunian (kantor). Pada tabel 1 SNI 1726:2012 bangunan ini termasuk kategori IV sehingga didapat nilai $I = 1,5$.
- Kombinasi Pembebanan
Kombinasi pembebanan diperlukan dalam sebuah perencanaan struktur bangunan. Pada saat konstruksi, tentunya beban-beban yang bekerja pada struktur hanyalah beban-beban mati saja dan beban hidup sementara akibat dari pekerja bangunan. Sedangkan pada masa layan, beban-beban hidup permanen dari

aktifitas pemakai gedung dan barang-barang inventaris yang dapat bergerak di dalam gedung. Hal ini tentunya akan berdampak pada kekuatan rencana elemen struktur yang direncanakan berdasarkan kombinasi pembebanan terbesar akibat penjumlahan beban-beban yang bekerja dengan faktor beban LRFD (*Load Resistance Factor Design*).

Kombinasi pembebanan yang dipakai pada struktur gedung ini mengacu pada SNI 1729:2002 bangunan baja tahan gempa sebagai berikut :

- $1D + 1L$
- $1,4D$
- $1,2D + 1,6L$
- $1,2D + 1L \pm E_x$
- $1,2D + 1L \pm E_y$
- $0,9D \pm E_x$
- $0,9D \pm E_y$

Keterangan: D : Beban mati

L : Beban hidup

E : Beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah

4.6.4. Kontrol Penerimaan Pemodelan Struktur

Berat dari beban bangunan merupakan total dari beban mati yang terdiri dari berat sendiri material-material konstruksi dan elemen-elemen struktur, serta beban hidup berasal dari penggunaan fungsi bangunan. Berat bangunan tersaji dalam Tabel 4.3. dan Tabel 4.4.

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Berat Bangunan

LANTAI	Berat (kg)		
	BEBAN MATI	BEBAN HIDUP	TOTAL
ATAP	1129831,647	125768,131	1255599,778
14	1768638,927	454119,864	2222758,791
13	1768638,927	454119,864	2222758,791
12	1768638,927	454119,864	2222758,791
11	1768638,927	454119,864	2222758,791
10	3319895,802	694544,5	4014440,302
9	3343664,352	674263,5	4017927,852
8	3318102,972	657290	3975392,972
7	3316566,972	650732	3967298,972
6	3349953,372	662707,5	4012660,872
5	3341625,372	670490	4012115,372
4	3336813,372	641807	3978620,372
3	3390054,972	657248	4047302,972
Dasar-2	3571031,772	657305	4228336,772
JUMLAH			46400731,4

Tabel 4. 4 Berat Bangunan Program Bantu ETABS 2013

TABLE: Base Reaction			
Load Case	FX	FY	FZ
	kgf	kgf	kgf
Dead	0	0	29292235,43
Live	0	0	9850231,46
Superdead	0	0	8599772,38
D+L	0	0	47742239,27

Dari hasil analisa program bantu ETABS 2013 didapatkan total berat bangunan dari kombinasi 1D+1L sebesar 47742239,27 kg. Dengan maksimal selisih 5% dari hasil perhitungan manual dibandingkan dengan perhitungan program bantu ETABS 2013, sebagai berikut:

$$47742239,27 - 46400731,4 = 1341507,869 \text{ kg}$$

$$\frac{1341507,869}{46400731,4} \times 100\% = 2,891 \leq 5\%$$

Maka, pemodelan bangunan dianggap mendekati bangunan aslinya.

4.6.5. Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu ETABS 2013, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

- Kontrol Partisipasi Massa
- Kontrol Periode Getar Struktur
- Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum
- Kontrol Batas Simpangan (*Drift*)

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

- Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah. Dalam hal ini digunakan bantuan program bantu ETABS 2013 untuk mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Rasio Partisipasi Massa

Case	Mode	Period (sec)	Sum UX	Sum UY
Modal	1	1,979	0.000001529	0.7969
Modal	2	1,918	0.0015	0.7976
Modal	3	1,844	0.759	0.7976
Modal	4	0,689	0.8704	0.7976
Modal	5	0,624	0.8704	0.9001
Modal	6	0,605	0.8704	0.9002
Modal	7	0,404	0.9296	0.9002
Modal	8	0,365	0.9296	0.9375
Modal	9	0,358	0.9296	0.9376
Modal	10	0,262	0.9547	0.9376
Modal	11	0,255	0.9547	0.9615
Modal	12	0,25	0.9547	0.9615

Dari Tabel 4.5. didapat partisipasi massa arah X sebesar 92,96% pada moda ke 7 dan partisipasi massa arah Y sebesar 90,1% pada moda ke 5. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

- Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 1726:2012, perioda fundamental struktur harus ditentukan dari :

$$T = C_t \cdot h_n^x$$

Nilai T di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atas nya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai

S_{D1} . Struktur gedung Dental UB Malang ini dengan ketinggian 59,35 m. Pada struktur ini digunakan sistem rangka beton dan baja dengan bresing eksentrik sehingga pada tabel 15 SNI 1726:2012 didapatkan nilai:

$$C_t = 0,0488$$

$$x = 0,75$$

$$h_n = 59,35 \text{ m}$$

maka :

$$T = 0,0488 \cdot 59,35^{0,75}$$

$$= 1,043 \text{ s}$$

Nilai C_u didapatkan dari tabel 14 SNI 1726:2012, untuk nilai $S_{D1} = 0,383$, maka :

$$C_u \cdot T = 1,4 \times 1,043 = 1,461 \text{ s}$$

Dari hasil analisis program bantu ETABS 2013 periode dan frekuensi struktur dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Perioda Struktur

Case	Mode	Period (sec)
Modal	1	1,979
Modal	2	1,918
Modal	3	1,844
Modal	4	0,689
Modal	5	0,624
Modal	6	0,605
Modal	7	0,404
Modal	8	0,365
Modal	9	0,358
Modal	10	0,262
Modal	11	0,255
Modal	12	0,25

Dari tabel di atas didapat $T = 1,979$ s. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T lebih besar dari $C_u \times T$. Jadi analisis struktur gedung Dental UB Malang menggunakan nilai T output program bantu ETABS 2013 yaitu $T = 1,979$ s dengan nilai akhir respon spektrum dan batas simpangan antar lantai harus memenuhi syarat.

- Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 1726:2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah:

$$V = C_s \times W \text{ (SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1)}$$

Dimana:

$$C_s = \frac{SDS}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,618}{\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,116$$

Nilai C_s di atas nilainya tidak perlu diambil lebih besar dari:

$$C_s = \frac{SD1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,383}{1,979\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,0363 < 0,085... \text{ OK!}$$

Dan tidak lebih kecil dari :

$$\begin{aligned} C_s &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \\ &= 0,044 \cdot 0,618 \cdot 1,5 \\ &= 0,0408 > 0,0363 \end{aligned}$$

Maka, diambil nilai $C_s = 0,0408$

Dari analisis yang sudah dilakukan, didapatkan nilai berat total struktur gedung Dental UB Malang yang disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Reaksi Dasar Struktur

Output Case	FZ (kg)
1D + 1L	47742239,27

Dari tabel di atas didapat berat total struktur adalah 6875077,6 kg Maka :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{statik}} &= C_s \cdot W \\
 &= 0,0408 \cdot 47742239,27 \text{ kg} \\
 &= 1947310,455 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program bantu ETABS 2013 didapatkan nilai gaya geser dasar (*base shear*) pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

Output Case	FX (kg)	FY (kg)
Quake X Max	1361616,33	395034
Quake Y Max	408476,76	1316805,98

Kontrol:

- Untuk gempa arah X :
 $V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \cdot V_{\text{statik}}$
 $1361616,33 \text{ kg} > 85\% \times 1947310,455 \text{ kg}$
 $1361616,33 \text{ kg} > 1655213,887 \text{ kg}$ (Not OK...!)
- Untuk gempa arah Y :
 $V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \cdot V_{\text{statik}}$
 $1316805,98 \text{ kg} > 85\% \times 1947310,455 \text{ kg}$
 $1316805,98 \text{ kg} > 1655213,887 \text{ kg}$ (Not OK...!)

Dari kontrol di atas, analisis struktur gedung Dental UB Malang masih belum memenuhi syarat nilai akhir respon. Pada Pasal 11.1.4 SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.2 dijelaskan apabila gaya geser dasar hasil analisis kurang

dari 85%, maka harus diperbesar dengan faktor skala $0,85 \cdot \frac{Cs \cdot W}{V}$.

Untuk arah X :

$$0,85 \cdot \frac{Cs \cdot W}{V} = 0,85 \cdot \frac{0,0408 \cdot 47742239,27}{1361616,33} = 1,737$$

Untuk arah Y :

$$0,85 \cdot \frac{Cs \cdot W}{V} = 0,85 \cdot \frac{0,0408 \cdot 47742239,27}{1316805,98} = 1,08$$

Setelah dikali faktor skala di atas didapatkan gaya geser dasar yang disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Setelah Dikalikan Faktor Skala

Output Case	FX (kg)	FY (kg)
Quake X Max	1658183,12	501130,36
Quake Y Max	518183,62	1660884,74

Kontrol:

- Untuk gempa arah X :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1658183,12 \text{ kg} > 85\% \times 1947310,455 \text{ kg}$$

$$1658183,12 \text{ kg} > 1655213,887 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

- Untuk gempa arah Y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1660884,74 \text{ kg} > 85\% \times 1947310,455 \text{ kg}$$

$$1660884,74 \text{ kg} > 1655213,887 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

Dari kontrol di atas dapat disimpulkan bahwa analisis struktur gedung Dental UB Malang masih memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.

- Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (*Drift*)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus:

$$\Delta_i \leq \Delta_a$$

Dimana :

Δ_i = Simpangan yang terjadi

Δ_a = Simpangan ijin antar lantai

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 1 :

$$\Delta_1 = C_d \times \delta_{e1} / I$$

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 2 :

$$\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) \times C_d / I$$

Dimana :

δ_{e1} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

δ_{e2} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

C_d = Faktor pembesaran defleksi

I = Faktor keutamaan gedung

Untuk sistem rangka bresing eksentrik, dari tabel 9 SNI 1726:2012 didapatkan nilai $C_d = 4$ dan dari tabel 2 SNI 1726:2012 didapat nilai $I_e = 1,5$. Dari tabel 16 SNI 1726:2012 untuk sistem struktur yang lain simpangan antar tingkat ijinnya adalah:

$$\Delta_a = 0,020 \cdot h_{sx}$$

Dimana :

h_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat x

- Untuk tinggi tingkat 4,75 m, simpangan ijinnya adalah

$$\begin{aligned} \Delta_a &= 0,010 \cdot 4,75 \\ &= 0,0475 \text{ m} \\ &= 47,5 \text{ mm} \end{aligned}$$
- Untuk tinggi tingkat 4,2 m, simpangan ijinnya adalah

$$\begin{aligned}\Delta_a &= 0,010 \cdot 4,2 \\ &= 0,042 \text{ m} \\ &= 42 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program bantu ETABS 2013, diperoleh nilai simpangan yang terjadi pada struktur pada Tabel 4.10. dan 4.11.

Tabel 4. 10 Kontrol Simpangan Yang Terjadi Akibat Beban Gempa
Arah x

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Lantai (m)	Δ_{tot} (mm)	δ_{xi} (mm)	Δ (mm)	Δ_a (mm)	Cek
15	59,35	4,2	57,9	0,68	3,73	42	OK
14	55,15	4,2	57,23	0,96	5,26	42	OK
13	50,95	4,2	56,27	1,2	6,6	42	OK
12	46,75	4,2	55,07	1,36	7,48	42	OK
11	42,55	4,2	53,71	1,77	9,75	42	OK
10	38,35	4,2	51,94	3,64	19,99	42	OK
9	34,15	4,2	48,3	4,71	25,9	42	OK
8	29,95	4,2	43,59	5,48	30,11	42	OK
7	25,75	4,2	38,12	6,13	33,7	42	OK
6	21,55	4,2	31,99	6,72	36,97	42	OK
5	17,35	4,2	25,27	7,16	39,37	42	OK
4	13,15	4,2	18,11	7,09	38,99	42	OK
3	8,95	4,2	11,02	6,46	35,55	42	OK
2	4,75	4,75	4,56	4,56	25,06	47,5	OK
1	0	0	0	0	0	0	OK

Tabel 4. 11 Kontrol Simpangan Yang Terjadi Akibat Beban Gempa
Arah y

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Lantai (m)	Δ_{tot} (mm)	δ_{xi} (mm)	Δ (mm)	Δ_a (mm)	Cek
15	59,35	4,2	57,9	0,68	3,73	42	OK
14	55,15	4,2	57,23	0,96	5,26	42	OK
13	50,95	4,2	56,27	1,2	6,6	42	OK
12	46,75	4,2	55,07	1,36	7,48	42	OK
11	42,55	4,2	53,71	1,77	9,75	42	OK
10	38,35	4,2	51,94	3,64	19,99	42	OK
9	34,15	4,2	48,3	4,71	25,9	42	OK
8	29,95	4,2	43,59	5,48	30,11	42	OK
7	25,75	4,2	38,12	6,13	33,7	42	OK
6	21,55	4,2	31,99	6,72	36,97	42	OK
5	17,35	4,2	25,27	7,16	39,37	42	OK
4	13,15	4,2	18,11	7,09	38,99	42	OK
3	8,95	4,2	11,02	6,46	35,55	42	OK
2	4,75	4,75	4,56	4,56	25,06	47,5	OK
1	0	0	0	0	0	0	OK

Dari hasil kontrol Tabel 4.10. dan Tabel 4.11. maka analisis struktur gedung Dental UB Malang memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

4.7. Perencanaan Elemen Struktur Primer

4.7.1. Balok Induk

Balok induk direncanakan menggunakan profil WF 600 × 300 × 12 × 20

$$W = 151 \text{ kg/m} \quad r = 28 \text{ mm} \quad h_w = 588 - 2(20 + 28)$$

$$A = 192,5 \text{ cm}^2 \quad Z_x = 4309 \text{ cm}^3 \quad = 492 \text{ mm}$$

$$t_w = 12 \text{ mm} \quad i_y = 6,85 \text{ cm} \quad b_f = 300 \text{ mm}$$

$$t_f = 20 \text{ mm} \quad I_x = 118000 \text{ cm}^4$$

$$d = 588 \text{ mm} \quad I_y = 9020 \text{ cm}^4$$

Dari analisis program bantu ETABS 2013, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada balok induk memanjang adalah sebagai berikut :

$$Mu = 72056,25 \text{ kgm} \quad f = 0.095 \text{ cm (beban kerja)}$$

$$Vu = 33415,41 \text{ kg}$$

$$Nu = 151,62 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur
- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal (SNI 1729:2015 tabel B4.1)

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 20} = 7,5$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_{pf} \rightarrow 7,5 < 10,75 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{492}{12} = 41$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$$\lambda \leq \lambda_{pw} \rightarrow 41 < 106,35 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 4309 = 10772280 \text{ kgcm} \\ = 107722,8 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 107722,8 \\ = 96950,52 \text{ kgm} > 72056,3 \text{ kgm} \dots \textbf{OK !}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang adalah jarak antar *shear conector* sesuai tabel perencanaan bondex sehingga $L_b = 60 \text{ cm}$.

$$L_p = 1,76 i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 6,85 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 341,00$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 60 < 341,00 \rightarrow \text{bentang pendek}$$

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 4309 = 10772280 \text{ kgcm} \\ = 107722,8 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 107722,8 \\ = 96950,52 \text{ kgm} > 72056,3 \text{ kgm} \dots \textbf{OK !}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{492}{12} = 41; 1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h}{t_w} < 1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \rightarrow 41 < 69,57$$

maka $C_v = 1$; sehingga

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ = 0,6 \times 2500 \times (58,8 \times 1,2) \times 1$$

$$= 105840 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 105840$$

$$= 95256 \text{ kg} > 33415,4 \text{ kg... OK!}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 500 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{500}{360} = 1,39$$

Dari hasil analisis program bantu ETABS 2013 didapatkan lendutan batang sebesar

$$f = 0,095 \text{ cm}$$

$$f < f_{ijin} = 0,095 < 1,39 \text{ cm... OK !}$$

- Penghubung Geser (*Shear Connector*)

Diketahui :

Balok Induk WF:

Direncanakan menggunakan profil WF 600 × 300 × 12 × 20

$$W = 151 \text{ kg/m} \quad r = 28 \text{ mm} \quad h_w = 588 - 2(20 + 28)$$

$$A = 192,5 \text{ cm}^2 \quad Z_x = 4309 \text{ cm}^3 \quad = 492 \text{ mm}$$

$$t_w = 12 \text{ mm} \quad i_y = 6,85 \text{ cm} \quad b_f = 300 \text{ mm}$$

$$t_f = 20 \text{ mm} \quad I_x = 118000 \text{ cm}^4$$

$$d = 588 \text{ mm} \quad I_y = 9020 \text{ cm}^4$$

Tipe Baja BJ 41

$$f_y = 250 \text{ MPa} = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 200000 \text{ MPa} = 2000000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ MPa} = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Tipe Beton } f_c' = 25 \text{ MPa} = 250 \text{ kg/cm}^2$$

- Gaya geser horizontal V_h akibat aksi komposit penuh
 $V_h = C$

Nilai C diambil yang terkecil antara $A_s \times f_y$ dan $0,85 \times f_c \times A_c$

$$A_s \times f_y = 192,5 \times 2500 \\ = 481250 \text{ kg}$$

$$0,85 \times f_c \times A_c = 0,85 \times 250 \times 1440 \\ = 306000 \text{ kg}$$

dimana:

$$b_E = \frac{L}{8} + \text{Jarak pusat balok ke tepi pelat} \\ = \frac{840}{8} + 15 = 120 \text{ cm}$$

$$b_E = \frac{1}{2} b_o + \text{Jarak pusat balok ke tepi pelat} \\ = \frac{1}{2} 280 + 15 = 155 \text{ cm}$$

$$b_o = 280 \text{ cm}$$

Maka, digunakan $b_E = 120 \text{ cm}$

$$A_c = t_p \times b_E \\ = 12 \times 120 = 1440 \text{ cm}^2$$

Sehingga, nilai $C = 306000 \text{ kg}$

- Diameter maksimum stud yang diijinkan:

$$2,5 t_f = 2,5 \times 2 = 5 \text{ cm}$$

Digunakan diameter stud = 2 cm

- Luas penampang melintang satu buah *stud connector*:

$$A_{sc} = \frac{1}{4} \pi d^2 \\ = \frac{1}{4} \pi 2^2 \\ = 3,141 \text{ cm}^2$$

- Modulus elastisitas beton

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c} \\ = 23500 \text{ MPa} \\ = 235000 \text{ kg/cm}^2$$

- Kuat geser satu buah stud connector:

$$\begin{aligned}
Q_n &= 0,5 \times A_{sc} \times \sqrt{f_c \times E_c} \\
&= 0,5 \times 3,141 \times \sqrt{250 \times 235000} \\
&= 12039,925 \text{ kg} \\
A_{sc} \times f_u &= 3,141 \times 4100 \\
&= 12880,529 \text{ kg} \\
\text{Maka, } Q_n &= 12039.925 \text{ kg}
\end{aligned}$$

- Persyaratan jarak antar penghubung geser:
 Jarak minimum longitudinal = $6d = 6 \times 2 = 12 \text{ cm}$
 Jarak maximum longitudinal = $8t = 8 \times 12 = 96 \text{ cm}$
 Jarak transversal = $4d = 4 \times 2 = 8 \text{ cm}$

- Jumlah stud yang diperlukan:

$$N = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{306000}{12039,93} = 25,42 \approx 26 \text{ buah}$$

Gunakan minimum 26 stud untuk setengah bentang balok, atau 52 buah untuk keseluruhan bentang. Jika satu buah stud dipasang tiap penampang melintang, jarak antar stud adalah:

$$S = \frac{840}{26} = 32,31 \approx 32 \text{ cm}$$

4.7.2. Kolom

Pada perencanaan ini direncanakan kolom dengan profil WF $400 \times 400 \times 20 \times 35$ dan panjang kolom 420 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

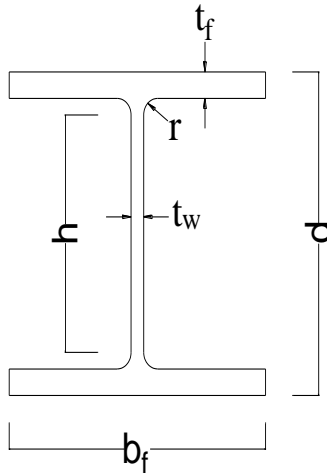
$$\begin{aligned}
d &= 428 \text{ mm} & I_x &= 119000 \text{ cm}^4 \\
b_f &= 407 \text{ mm} & I_y &= 39400 \text{ cm}^4 \\
t_w &= 20 \text{ mm} & i_x &= 18,2 \text{ cm} \\
t_f &= 35 \text{ mm} & i_y &= 10,4 \text{ cm} \\
A &= 360,7 \text{ cm}^2 & S_x &= 5570 \text{ cm}^3 \\
Z_x &= 6239 \text{ cm}^3 \\
h &= 314 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Dari hasil analisis program bantu ETABS 2013 didapatkan gaya dalam yang bekerja sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_u &= 256922,5 \text{ kg} \\
 M_u &= 3931,81 \text{ kgm} \\
 V_u &= 6378,11 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Bahan :

$$\begin{aligned}
 \text{BJ 41 : } f_y &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \\
 f_u &= 4100 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 17 Penampang Kolom WF 400 × 400 × 20 × 35

- Kapasitas Penampang
- Kapasitas Momen Penampang (SNI 1729:2015 tabel B4.1)

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b}{2t_f} = \frac{407}{2 \times 35} = 5,81$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ penampang sayap kompak

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{314}{20} = 15,7$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ penampang badan kompak

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 6239 = 15597763 \text{ kg.cm} \\ &= 155977,6 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 155977,6 \\ &= 140379,86 \text{ kgm} > 3931,8 \text{ kgm} \dots \textbf{OK !} \end{aligned}$$

- Kapasitas Kuat Tekan Penampang (SNI 1729:2015 Tabel B4-1b)

Pelat Badan

$$\lambda = \frac{b}{t_w} = \frac{407}{20} = 20,35$$

$$\lambda_r = 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,49 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 42,14$$

$\lambda < \lambda_r \rightarrow$ penampang non langsing

Pelat Sayap

$$\lambda = \frac{b}{2t_f} = \frac{407}{2 \times 35} = 5,81$$

$$\lambda_r = 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 15,84$$

$\lambda < \lambda_r \rightarrow$ penampang non langsing

Maka, perhitungan momen nominalnya (M_n) adalah:

$K = 1$ (SNI 1729:2015 pasal 7.2 ayat 3a lampiran 7)

$$\text{Arah } x = \frac{KL}{r_x} = \frac{1 \times 420}{18,2} = 23,08$$

$$\text{Arah } y = \frac{KL}{r_y} = \frac{1 \times 420}{10,4} = 40,38$$

Maka yang dipakai adalah 40,38

$$\begin{aligned}\frac{KL}{r} &\leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 40,38 \leq 4,71 \sqrt{\frac{2000000}{2500}} \\ &= 40,38 \leq 133,22\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka, } F_{cr} &= 0,658^{\frac{f_y}{f_e}} \times f_y \\ F_e &= \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 2000000}{\left(\frac{1 \times 4200}{\frac{104}{250}}\right)^2} = 1210,313 \\ F_{cr} &= 0,658^{1210,313} \times 250 = 229,29 \text{ Mpa} \\ &= 2292,94 \text{ kg/cm}^2 \\ P_n &= F_{cr} \times A_g \\ &= 2292,94 \times 360,7 = 827064,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

Cek persyaratan desain

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$0,9 \times 827064,2 \geq 256922,5$$

$$744357,81 \text{ kg} \geq 256922,5 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

- Kontrol kelangsingan kolom

$$L_b = 420 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 10,4 \times \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 517,72$$

$$L_b < L_p \rightarrow \text{bentang pendek}$$

$$\text{Maka, } M_n = M_p$$

$$= f_y \times Z_x$$

$$= 2500 \times 6239 = 15597763 \text{ kg.cm}$$

$$= 155977,63 \text{ kg.m}$$

Cek persyaratan desain

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 155977,63 \geq 3931,8$$

$$140379,86 \text{ kg.m} \geq 3931,8 \text{ kg.m} \dots \text{OK!}$$

- Kontrol Interaksi Aksial dan Momen

Didapatkan dari perhitungan sebelumnya, berikut data perencanaan interaksi:

$$M_n = 155977,63 \text{ kg.m} \quad P_u = 256922,5 \text{ kg}$$

$$P_n = 827064,24 \text{ kg}$$

- Perhitungan komponen interaksi aksial-momen

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,9 \times 827064,24 & \phi M_n &= 0,9 \times 155977,63 \\ &= 744357,8 \text{ kg} & &= 140379,86 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0,2 = \frac{256922,5}{744357,8} \geq 0,2$$

$$= 0,345 \geq 0,2$$

Maka rumus interaksinya:

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi M_n} + \frac{M_{uy}}{\phi M_n} \right) \leq 1$$

$$0,44 \leq 1$$

Kontrol aksial momen

$$0,44 \leq 1 \dots \text{OK!}$$

4.7.3. Link

- Link Arah x

Untuk link arah x digunakan profil WF 600 x 300 x 12 x 20 dengan data profil sebagai berikut :

$$d = 588 \text{ mm} \quad I_x = 118000 \text{ cm}^4$$

$$b_f = 300 \text{ mm} \quad I_y = 9020 \text{ cm}^4$$

$$t_w = 12 \text{ mm} \quad i_x = 24,8 \text{ cm}$$

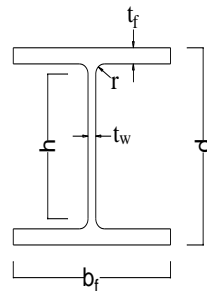
$$t_f = 20 \text{ mm} \quad i_y = 6,85 \text{ cm}$$

$$A = 192,5 \text{ cm}^2 \quad S_x = 4020 \text{ cm}^3$$

$$r = 28 \text{ mm} \quad S_y = 601 \text{ cm}^3$$

$$h = 492 \text{ mm} \quad Z_x = 4309 \text{ cm}^3$$

$$f_y = 250 \text{ MPa} \quad Z_y = 899 \text{ cm}^3$$



Dari hasil ETABS 2013 untuk link arah x didapat gaya dalam maksimum sebagai berikut :

$$N_u = 36,2 \text{ kg}$$

$$V_u = 63641,08 \text{ kg}$$

$$M_u = 37597,74 \text{ kg.m}$$

$$\Delta e = 1,364 \text{ mm}$$

$$M_p = Z_x f_y = 4309 \times 2500 = 10772280 \text{ kg.cm}$$

$$V_p = 0,6 f_y (d - 2t_f) t_w$$

$$V_p = 0,6 \times 2500 \times (58,8 - 2 \times 2) \times 1,2 = 98640,0 \text{ kg}$$

$$1,6 \frac{M_p}{V_p} = 1,6 \frac{10772280}{98640} = 174,73 > 100 \text{ cm}$$

Termasuk link pendek

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 20} = 7,5$$

$$\lambda_{pf} = \frac{135}{\sqrt{f_y}} = \frac{135}{\sqrt{250}} = 8,54$$

$$\lambda \leq \lambda_{pf} \rightarrow 7,5 < 8,54 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$N_y = A_g \times f_y$$

$$= 192,5 \times 2500 = 481250 \text{ kg}$$

$$N_u < 0,15 N_y$$

$36,2 < 72187,5 \text{ kg} \rightarrow$ tidak perlu dipertimbangkan pada kuat geser rencana

Maka, di asumsikan $N_u = 0 \text{ kg}$

$$\frac{N_u}{\phi N_y} < 0,125 = \frac{0}{0,9 \times 481250} < 0,125$$

$$0 < 0,125$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{492}{12} = 41$$

$$\lambda_{pw} = \frac{1365}{\sqrt{f_y}} \left(1 - 1,5 \frac{N_u}{\phi N_y} \right) = \frac{1365}{\sqrt{250}} (1 - 1,5 \times 0) = 86,33$$

$$\lambda \leq \lambda_{pw} \rightarrow 41 < 86,33 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$

- Kontrol kuat geser

Kuat geser nominal *link* diambil yang terkecil dari V_p atau $2M_p/e$.

$$\frac{2M_p}{e} = \frac{2Z_x f_y}{e} = \frac{2 \times 4309 \times 2500}{100} = 215445,6 \text{ kg}$$

$$V_p = 0,6 f_y (d - 2t_f) t_w$$

$$V_p = 0,6 \times 2500 \times (58,8 - 2 \times 2) \times 1,2 = 98640,0 \text{ kg}$$

(menentukan)

$$V_u < \phi V_n$$

$$63641,1 \text{ kg} < 0,9 \times 98640 \text{ kg}$$

$$63641,1 \text{ kg} < 88776 \text{ ...OK!}$$

- Kontrol sudut rotasi link

$$1,6 \frac{M_p}{V_p} \geq e \leq 2,6 \frac{M_p}{V_p}$$

$$1,6 \frac{10772280}{98640} \geq 100 \leq 2,6 \frac{10772280}{98640}$$

$$174,73 > 100 < 283,94 \text{ (termasuk link geser)}$$

$$\text{Sudut rotasi link untuk } e < 1,6 \times \frac{M_p}{V_p}$$

maka α maks = 0,08 radian

$$\Delta = C_d \times \Delta_e$$

$$= 4 \times 1,364 = 5,46 \text{ mm}$$

$$\gamma_p = \left(\frac{L}{e}\right) \theta_p = \left(\frac{L}{e}\right) \frac{\Delta}{h_1} = \left(\frac{8400}{1000}\right) \frac{5,46}{4200} = 0,011 \text{ radian}$$

$$\alpha < \alpha_{\text{maks}} \text{ ... OK!}$$

- Pengaku link arah x

Berdasarkan SNI 1729:2002 Pasal 15.13.3.1, Dititik pertemuan dengan batang bresing pada *link*, harus dipasang pengaku setinggi badan *link* dan berada di kedua sisi pelat badan *link*. Pengaku tersebut harus mempunyai lebar total tidak kurang dari $(bf - 2tf)$ dan ketebalan yang tidak kurang dari nilai terbesar antara $0,75t_w$ atau 10 mm, bf dan t_w merupakan lebar pelat sayap dan tebal pelat badan Link.

Untuk panjang $link < 1,6 \cdot M_p / V_p$, maka pengaku antara dipasang dengan spasi :

Untuk $\alpha = 0,08$ radian

$$S = 30 \cdot t_w - d / 5 = 30 \cdot 1,2 - 58,8 / 5 = 24,24 \text{ cm}$$

Untuk $\alpha = 0,02$ radian

$$S = 52 \cdot t_w - d / 5 = 52 \cdot 1,2 - 58,8 / 5 = 50,64 \text{ cm}$$

Karena link termasuk link geser, maka pakai jarak pengaku link 0,08 rad

$$S = 24,2 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

- Link arah y

Untuk link arah y digunakan profil WF 600 x 300 x 12 x 20 dengan data profil sebagai berikut :

$$d = 588 \text{ mm} \quad I_x = 118000 \text{ cm}^4$$

$$b_f = 300 \text{ mm} \quad I_y = 9020 \text{ cm}^4$$

$$t_w = 12 \text{ mm} \quad i_x = 24,8 \text{ cm}$$

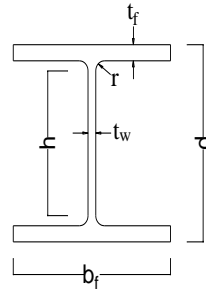
$$t_f = 20 \text{ mm} \quad i_y = 6,85 \text{ cm}$$

$$A = 192,5 \text{ cm}^2 \quad S_x = 4020 \text{ cm}^3$$

$$r = 28 \text{ mm} \quad S_y = 601 \text{ cm}^3$$

$$h = 492 \text{ mm} \quad Z_x = 4309 \text{ cm}^3$$

$$f_y = 250 \text{ MPa} \quad Z_y = 899 \text{ cm}^3$$



Dari hasil output ETABS 2013 untuk link arah y didapat gaya dalam sebagai berikut :

$$N_u = 49,12 \text{ kg}$$

$$V_u = 18267,85 \text{ kg}$$

$$M_u = 21542,44 \text{ kg.m}$$

$$\Delta e = 0,675 \text{ mm}$$

$$M_p = Z_x f_y = 4309 \times 2500 = 10772280 \text{ kg.cm}$$

$$V_p = 0,6 f_y (d - 2t_f) t_w$$

$$V_p = 0,6 \times 2500 \times (58,8 - 2 \times 2) \times 1,2 = 98640,0 \text{ kg}$$

$$1,6 \frac{M_p}{V_p} = 1,6 \frac{10772280}{98640} = 174,73 > 100 \text{ cm}$$

Termasuk link pendek

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 20} = 7,5$$

$$\lambda_{pf} = \frac{135}{\sqrt{f_y}} = \frac{135}{\sqrt{250}} = 8,54$$

$$\lambda \leq \lambda_{pf} \rightarrow 7,5 < 8, \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\begin{aligned} N_y &= A_g \times f_y \\ &= 192,5 \times 2500 = 481250 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$N_u < 0,15 N_y$$

49,12 < 72187,5 kg \rightarrow tidak perlu dipertimbangkan pada kuat geser rencana

Maka, di asumsikan $N_u = 0$ kg

$$\frac{N_u}{\phi N_y} < 0,125 = \frac{0}{0,9 \times 481250} < 0,125$$

$$0 < 0,125$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{492}{12} = 41$$

$$\lambda_{pw} = \frac{1365}{\sqrt{f_y}} \left(1 - 1,5 \frac{N_u}{\phi N_y} \right) = \frac{1365}{\sqrt{250}} (1 - 1,5 \times 0) = 86,33$$

$$\lambda \leq \lambda_{pw} \rightarrow 41 < 86,33 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$

- Kontrol kuat geser

Kuat geser nominal *link* diambil yang terkecil dari V_p atau $2M_p/e$.

$$\frac{2M_p}{e} = \frac{2Z_x f_y}{e} = \frac{2 \times 4309 \times 2500}{100} = 215445,6 \text{ kg}$$

$$V_p = 0,6 f_y (d - 2t_f) t_w$$

$$V_p = 0,6 \times 2500 \times (58,8 - 2 \times 2) \times 1,2 = 98640,0 \text{ kg}$$

(menentukan)

$$V_u < \phi V_n$$

$$18267,9 \text{ kg} < 0,9 \times 98640 \text{ kg}$$

$$18267,9 \text{ kg} < 88776 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

- Kontrol sudut rotasi link

$$1,6 \frac{M_p}{V_p} \geq e \leq 2,6 \frac{M_p}{V_p}$$

$$1,6 \frac{10772280}{98640} \geq 100 \leq 2,6 \frac{10772280}{98640}$$

$$174,73 > 100 < 283,94 \text{ (termasuk link geser)}$$

Sudut rotasi link untuk $e = 1,6 \times \frac{M_p}{V_p}$

maka α maks = 0,08 radian

$$\Delta = C_d \times \Delta_e$$

$$= 4 \times 0,675 = 2,7 \text{ mm}$$

$$\gamma_p = \left(\frac{L}{e}\right) \theta_p = \left(\frac{L}{e}\right) \frac{\Delta}{h_1} = \left(\frac{7200}{1000}\right) \frac{2,7}{3300} = 0,006 \text{ radian}$$

$\alpha < \alpha_{\text{maks}} \dots \text{OK!}$

- Pengaku *link* arah y

Berdasarkan SNI 1729:2002 Pasal 15.13.3.1, dititik pertemuan dengan batang bresing pada *link*, harus dipasang pengaku setinggi badan *link* dan berada di kedua sisi pelat badan *link*. Pengaku tersebut harus mempunyai lebar total tidak kurang dari $(bf - 2tf)$ dan ketebalan yang tidak kurang dari nilai terbesar antara $0,75tw$ atau 10 mm, bf dan tw merupakan lebar pelat sayap dan tebal pelat badan Link.

Untuk panjang *link* $< 1,6 \cdot M_p / V_p$, maka pengaku antara dipasang dengan spasi :

Untuk $\alpha = 0,08$ radian

$$S = 30 \cdot tw - d / 5 = 30 \cdot 1,2 - 58,8 / 5 = 24,24 \text{ cm}$$

Untuk $\alpha = 0,02$ radian

$$S = 52 \cdot tw - d / 5 = 52 \cdot 1,2 - 58,8 / 5 = 50,64 \text{ cm}$$

Karena link termasuk link geser, maka pakai jarak pengaku link 0,08 rad

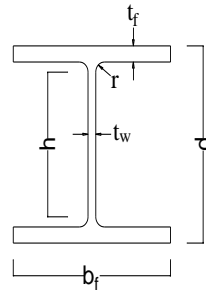
$$S = 24,2 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

4.7.4. Balok Diluar *Link*

- Balok diluar *link* arah y

Balok diluar link arah y digunakan profil WF 600 x 300 x 12 x 20 dengan data profil sebagai berikut :

d = 588 mm	$I_x = 118000 \text{ cm}^4$
bf = 300 mm	$I_y = 9020 \text{ cm}^4$
tw = 12 mm	$i_x = 24,8 \text{ cm}$
tf = 20 mm	$i_y = 6,85 \text{ cm}$
A = 192,5 cm ²	$S_x = 4020 \text{ cm}^3$
r = 28 mm	$S_y = 601 \text{ cm}^3$
h = 492 mm	$Z_x = 4309 \text{ cm}^3$
fy = 250 MPa	$Z_y = 899 \text{ cm}^3$



Dari output ETABS 2013 didapatkan :

Mu = 31214,52 kg.m

Nu = 48,02 kg

Berdasarkan AISC 2005 *Seismic Provision* Pasal 15.6b, kuat perlu balok yang terletak diluar Link harus ditentukan berdasarkan gaya-gaya yang ditimbulkan paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal Link sebesar $R_y \cdot V_n$.

$$V_u = 1,1 \times R_y \times V_n$$

V_n diambil nilai terkecil dari V_p atau $2M_p/e$.

$$\frac{2 M_p}{e} = \frac{2 Z_x f_y}{e} = \frac{2 \times 4309 \times 2500}{100} = 215445,6 \text{ kg}$$

$$V_p = 0,6 f_y (d - 2t_f) t_w$$

$$V_p = 0,6 \times 2500 \times (58,8 - 2 \times 2) \times 1,2 = 98640,0 \text{ kg}$$

Maka, $V_n = 98640,0 \text{ kg}$

$$V_u = 1,1 \times 1,5 \times 98640 = 162756 \text{ kg}$$

- Kuat rencana

Kuat rencana geser balok diluar link ini dapat ditentukan menggunakan ketentuan kuat rencana yang dihitung dengan mengalikannya dengan faktor R_y

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 20} = 7,5$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$\lambda \leq \lambda_{pf} \rightarrow 7,5 < 10,75 \rightarrow$ penampang sayap kompak
Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{492}{12} = 41$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$\lambda \leq \lambda_{pw} \rightarrow 41 < 106,35 \rightarrow$ penampang badan kompak

- Kapasitas momen penampang

Penampang kompak $\rightarrow M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \times f_y = 4309 \times 2500 = 10772280 \text{ kg.cm} \\ &= 107722,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 107722,8 \\ &= 96950,52 \text{ kgm} > 31214,5 \text{ kgm} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

- Kapasitas geser penampang

$$\frac{h}{t_w} = \frac{492}{12} = 41$$

$$\alpha = \frac{L-e}{2} = \frac{3100-1000}{2} = \frac{2100}{2} = 1050 \text{ mm}$$

$$K_v = 5 + \frac{5}{\left(\frac{\alpha}{h}\right)^2} = 5 + \frac{5}{\left(\frac{1050}{492}\right)^2} = 6,1$$

Menentukan Koefisien Geser Badan (C_v)

$$1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{\frac{6,1 \times 200000}{2500}} = 76,83$$

$$\text{karena } \frac{h}{t_w} < 1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \rightarrow 41 < 76,83$$

maka $C_v = 1$; sehingga

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w C_v R_y \\ &= 0,6 \times 2500 \times (58,8 \times 1,2) \times 1 \times 1,5 = 158760 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol interaksi geser lentur

$$\frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi V_n} \leq 1,375$$

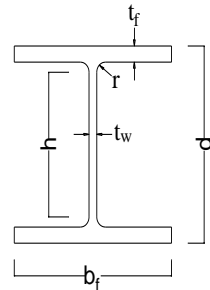
$$\frac{31214,52}{96950,52} + 0,625 \frac{162756,0}{142884,0} \leq 1,375$$

$$1,03 \leq 1,375 \dots \text{OK!}$$

- Balok diluar *link* arah x

Balok diluar link arah x digunakan profil WF 600 x 300 x 12 x 20 dengan data profil sebagai berikut :

d = 588 mm	I _x = 118000 cm ⁴
bf = 300 mm	I _y = 9020 cm ⁴
tw = 12 mm	i _x = 24,8 cm
tf = 20 mm	i _y = 6,85 cm
A = 192,5 cm ²	S _x = 4020 cm ³
r = 28 mm	S _y = 601 cm ³
h = 492 mm	Z _x = 4309 cm ³
f _y = 250 MPa	Z _y = 899 cm ³



Dari output ETABS 2013 didapatkan:

$$M_u = 29382,18 \text{ kg.m}$$

$$N_u = 54,33 \text{ kg}$$

Berdasarkan AISC 2005 *Seismic Provision* Pasal 15.6b, kuat perlu balok yang terletak diluar Link harus ditentukan berdasarkan gaya-gaya yang ditimbulkan paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal Link sebesar $R_y \cdot V_n$.

$$V_u = 1,1 \times R_y \times V_n$$

V_n diambil nilai terkecil dari V_p atau $2M_p/e$.

$$\frac{2 M_p}{e} = \frac{2 Z_x f_y}{e} = \frac{2 \times 4309 \times 2500}{100} = 215445,6 \text{ kg}$$

$$V_p = 0,6 f_y (d - 2t_f) t_w$$

$$V_p = 0,6 \times 2500 \times (58,8 - 2 \times 2) \times 1,2 = 98640,0 \text{ kg}$$

$$V_n = 98640,0 \text{ kg}$$

$$V_u = 1,1 \times 1,5 \times 98640 = 162756 \text{ kg}$$

- Kuat rencana

Kuat rencana geser balok diluar link ini dapat ditentukan menggunakan ketentuan kuat rencana yang dihitung dengan mengalikannya dengan faktor R_y

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 20} = 7,5$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_{pf} \rightarrow 7,5 < 10,75 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{492}{12} = 41$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$$\lambda \leq \lambda_{pw} \rightarrow 44,727 < 106,35 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$

- Kapasitas momen penampang

Penampang kompak $\rightarrow M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \times f_y = 4309 \times 2500 = 10772280 \text{ kg.cm} \\ &= 107722,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 107722,8 \\ &= 96950,52 \text{ kgm} > 29382,2 \text{ kgm} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

- Kapasitas geser penampang

$$\frac{h}{t_w} = \frac{492}{12} = 41$$

$$\alpha = \frac{L-e}{2} = \frac{3700-1000}{2} = \frac{2700}{2} = 1350 \text{ mm}$$

$$K_v = 5 + \frac{5}{\left(\frac{\alpha}{h}\right)^2} = 5 + \frac{5}{\left(\frac{1350}{492}\right)^2} = 5,66$$

Menentukan Koefisien Geser Badan (C_v)

$$1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{\frac{5,66 \times 200000}{2500}} = 74,05$$

$$\text{karena } \frac{h}{t_w} < 1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \rightarrow 41 < 74,05$$

maka $C_v = 1$; sehingga

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v R_y = 0,6 \times 2500 \times (58,8 \times 1,2) \times 1 \times 1,5 = 158760 \text{ kg}$$

- Kontrol interaksi geser lentur

$$\frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{29382,18}{96950,52} + 0,625 \frac{162756,0}{142884,0} \leq 1,375$$

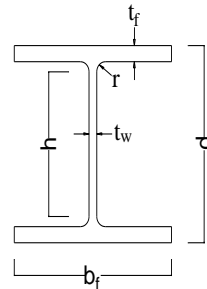
$$1,01 \leq 1,375 \dots \text{OK!}$$

4.7.5. Bresing

- Bresing arah x

Bresing arah x digunakan profil WF 350 x 350 x 12 x 19 dengan data profil sebagai berikut:

d	= 350 mm	I_x	= 20400 cm ⁴
bf	= 350 mm	I_y	= 13600 cm ⁴
tw	= 12 mm	i_x	= 15,2 cm
tf	= 19 mm	i_y	= 8,84 cm
A_g	= 173,9 cm ²	S_x	= 2300 cm ³
r	= 20 mm	S_y	= 776 cm ³
h	= 272 mm	Z_x	= 2493 cm ³
f_y	= 250 Mpa	Z_y	= 1163 cm ³



$$\text{Jarak antar kolom } (L_p) = 840 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi lantai } (h) = 420 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang link } (e) = 100 \text{ cm}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{420}{(840-100)/2} \right) = 48,62^\circ$$

Berdasarkan AISC 2005 *Seismic Provision* Pasal 15.6a, kombinasi aksial dan lentur perlu batang bresing harus direncanakan berdasarkan gaya aksial dan momen lentur

yang di timbulkan oleh link yaitu sebesar 1,25 kali geser nominal V_n , sebesar $R_y \cdot V_n$

$$V_n = 0,6 f_y (d - 2t_f) t_w \\ = 0,6 \times 2500 \times (35 - 2 \times 1,9) \times 1,2 = 56160 \text{ kg}$$

$$V_u = 1,25 \cdot R_y \cdot V_n \\ = 1,25 \times 1,5 \times 56160 \\ = 105300 \text{ kg}$$

$$P_u \text{ tekan} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{150300}{\sin 48,62^\circ} = \frac{150300}{0,75} = 140332,8 \text{ kg}$$

$$P_u \text{ tarik} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{150300}{\sin 48,62^\circ} = \frac{150300}{0,75} = 140332,8 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{350}{2 \times 19} = 9,21$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_{pf} \rightarrow 9,21 < 10,75 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{272}{12} = 22,67$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$$\lambda \leq \lambda_{pw} \rightarrow 22,67 < 106,35 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$

- Kapasitas momen penampang

Penampang kompak $\rightarrow M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \times f_y = 2493 \times 2500 = 6232955 \text{ kg.cm} \\ = 62329,6 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 62329,6 \\ = 56096,6 \text{ kgm} > 8813,7 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol kelangsingan

$$\text{Panjang bresing, } L = \sqrt{420^2 + 370^2} = 559,73 \text{ cm}$$

$K = 1$ (SNI 1729:2015 Pasal 7.2 ayat 3.a Lampiran 7)

$$\text{Arah } x \rightarrow \lambda_x = \frac{KL}{r_x} = \frac{559,73}{15,2} = 36,82$$

$$\text{Arah } y \rightarrow \lambda_y = \frac{KL}{r_y} = \frac{559,73}{8,84} = 63,32 \text{ (menentukan)}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{\left(\frac{1 \times 5597}{88,4}\right)^2} = 492,35 \text{ MPa}$$

Tegangan kritis F_{cr} , ditentukan sebagai berikut:

$$\frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$63,32 \leq 4,71 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$63,32 \leq 133,22 \text{ (Syarat 1)}$$

Maka,

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left[0,685 \frac{F_y}{F_e} \right] \cdot F_y \\ &= \left[0,685 \frac{250}{492,35} \right] \cdot 250 \\ &= 202,135 \text{ MPa} = 2021,35 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Bresing tarik

$$\begin{aligned} P_{\max} &= R_y \cdot F_y \cdot A_g \\ &= 1,5 \cdot 2500 \cdot 173,9 = 652125 \text{ kg} \\ \phi_c P_n &= 0,90 \times 652125 \text{ kg} = 586912,5 \text{ kg} \\ \phi_c P_n &> P_u \rightarrow 586912,5 \text{ kg} > 140332,8 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

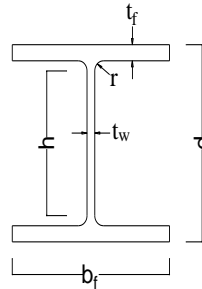
Bresing tekan

$$\begin{aligned} P_{\max} &= 1,1 \cdot R_y \cdot A_g \cdot F_{cr} \\ &= 1,1 \cdot 1,5 \cdot 173,9 \cdot 2021,35 \\ &= 579995,1 \text{ kg} \\ \phi_c P_n &= 0,85 \times 579995,1 \text{ kg} = 492995,8 \text{ kg} \\ \phi_c P_n &> P_u \rightarrow 492995,8 \text{ kg} > 140332,8 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

- Bresing arah y

Bresing arah y digunakan profil WF 350 x 350 x 12 x 19 dengan data profil sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 d &= 350 \text{ mm} & I_x &= 20400 \text{ cm}^4 \\
 b_f &= 350 \text{ mm} & I_y &= 13600 \text{ cm}^4 \\
 t_w &= 12 \text{ mm} & i_x &= 15,2 \text{ cm} \\
 t_f &= 19 \text{ mm} & i_y &= 8,84 \text{ cm} \\
 A_g &= 173,9 \text{ cm}^2 & S_x &= 2300 \text{ cm}^3 \\
 r &= 20 \text{ mm} & S_y &= 776 \text{ cm}^3 \\
 h &= 272 \text{ mm} & Z_x &= 2493 \text{ cm}^3 \\
 f_y &= 250 \text{ Mpa} & Z_y &= 1163 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar kolom } (L_p) &= 720 \text{ cm} \\
 \text{Tinggi lantai } (h) &= 420 \text{ cm} \\
 \text{Panjang link } (e) &= 100 \text{ cm} \\
 \alpha &= \tan^{-1} \left(\frac{420}{(720-100)/2} \right) = 53,57^\circ
 \end{aligned}$$

Berdasarkan AISC 2005 *Seismic Provision* Pasal 15.6a, kombinasi aksial dan lentur perlu batang bresing harus direncanakan berdasarkan gaya aksial dan momen lentur yang di timbulkan oleh link yaitu sebesar 1,25 kali geser nominal V_n , sebesar $R_y \cdot V_n$

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 f_y (d - 2t_f) t_w \\
 &= 0,6 \times 2500 \times (35 - 2 \times 1,9) \times 1,2 = 56160 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= 1,25 \cdot R_y \cdot V_n \\
 &= 1,25 \times 1,5 \times 56160 \\
 &= 105300 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$P_u \text{ tekan} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{150300}{\sin 53,57^\circ} = \frac{150300}{0,805} = 130876,7 \text{ kg}$$

$$P_u \text{ tarik} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{150300}{\sin 53,57^\circ} = \frac{150300}{0,805} = 130876,7 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{350}{2 \times 19} = 9,21$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$\lambda \leq \lambda_{pf} \rightarrow 9,21 < 10,75 \rightarrow$ penampang sayap kompak

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{272}{12} = 22,67$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$\lambda \leq \lambda_{pw} \rightarrow 22,67 < 106,35 \rightarrow$ penampang badan kompak

- Kapasitas momen penampang

Penampang kompak $\rightarrow M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \times f_y = 2493 \times 2500 = 6232955 \text{ kg.cm} \\ &= 62329,6 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 7286,84 \\ &= 56096,6 \text{ kgm} > 7286,84 \text{ kgm} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

- Kontrol kelangsingan

$$\text{Panjang bresing, } L = \sqrt{420^2 + 310^2} = 522,02 \text{ cm}$$

$K = 1$ (SNI 1729:2015 Pasal 7.2 ayat 3.a Lampiran 7)

$$\text{Arah x} \rightarrow \lambda_x = \frac{KL}{r_x} = \frac{522,02}{15,2} = 34,34$$

$$\text{Arah y} \rightarrow \lambda_y = \frac{KL}{r_y} = \frac{522,02}{8,84} = 59,05 \text{ (menentukan)}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{\left(\frac{1 \times 5220}{88,4}\right)^2} = 566,067 \text{ MPa}$$

Tegangan kritis F_{cr} , ditentukan sebagai berikut:

$$\frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$59,052 \leq 4,71 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$59,052 \leq 133,22 \text{ (Syarat 1)}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= \left[0,685 \sqrt{\frac{F_y}{E}} \right] \cdot F_y \\
 &= \left[0,685 \sqrt{\frac{250}{566,067}} \right] \cdot 250 \\
 &= 207,807 \text{ MPa} = 2078,07 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Bresing tarik

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= R_y \cdot F_y \cdot A_g \\
 &= 1,5 \cdot 2500 \cdot 173,9 = 652125 \text{ kg} \\
 \phi_c P_n &= 0,90 \times 652125 \text{ kg} = 586912,5 \text{ kg} \\
 \phi_c P_n &> P_u \rightarrow 586912,5 \text{ kg} > 130876,7 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

Bresing tekan

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= 1,1 \cdot R_y \cdot A_g \cdot F_{cr} \\
 &= 1,1 \cdot 1,5 \cdot 173,9 \cdot 2078,07 \\
 &= 596271,6 \text{ kg} \\
 \phi_c P_n &= 0,85 \times 596271,6 \text{ kg} = 506830,84 \text{ kg} \\
 \phi_c P_n &> P_u \rightarrow 506830,84 \text{ kg} > 130876,7 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

4.7.6. Perencanaan Sambungan

- Perencanaan Sambungan Balok Induk - Balok Anak

Tipe Baja BJ 41

$$\begin{aligned}
 f_y &= 250 \text{ MPa} = 2500 \text{ kg/cm}^2 \\
 E &= 200000 \text{ MPa} = 2000000 \text{ kg/cm}^2 \\
 f_u &= 410 \text{ MPa} = 4100 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$V_{u_{\text{anak}}} = 11918,32 \text{ kg}$$

Keterangan Baut :

Mutu Baut A325

$$f_u^b = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

Ø baut = 16 mm

$$A_b = 2,011 \text{ cm}^2$$

Keterangan Pelat Siku :

Pelat Siku = 130 x 130 x 12

tp = 12 mm

p_{plat} = 13 cm

Persyaratan Baut :

$r_1 = 0,5$

(baut ulir pada bidang geser Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)

$m = 2$

(jumlah bidang geser Pasal 13.2.2.3 SNI 1729:2002)

Lubang Bor Baut = 2 mm

(Pasal 17.3.6 SNI 1729:2002)

- Perhitungan Sambungan
 - Sambungan Siku dan Balok Anak
- Kuat Geser (Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)

$$\begin{aligned} V_n &= r_1 \times f_{ub} \times m \times A_b \\ &= 0,5 \times 8250 \times 2 \times 2,011 \\ &= 16587,61 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &= 0,75 \times 16587,61 \text{ kg} \\ &= 12440,71 \text{ kg} \end{aligned}$$

Keterangan :

$\emptyset = 0,75$ (Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)

Kuat Tumpu (Pasal 13.2.2.4 SNI 1729:2002)

$$\begin{aligned} R_n &= 2,4 \text{ db tp fu} \\ &= 2,4 \times 1,6 \times 1,2 \times 4100 = 18892,8 \text{ kg} \\ \emptyset R_n &= 0,75 \times 18892,8 \\ &= 14169,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Keterangan :

$\emptyset = 0,75$ (Pasal 13.2.2.4 SNI 1729:2002)

Maka, kuat nominal sambungan yang menentukan adalah 12440,71 kg

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{11918,32}{12440,71} = 0,96 \approx 2 \text{ buah}$$

- Sambungan Siku dan Balok Induk
Kuat Geser (Pasal 13.2.2.1 SNI 1727:2002)

$$\begin{aligned} V_n &= r_1 \times f_{ub} \times m \times A_b \\ &= 0,5 \times 8250 \times 2 \times 2,011 \\ &= 16587,61 \text{ kg} \\ \phi V_n &= 0,75 \times 16587,61 \text{ kg} \\ &= 12440,71 \text{ kg} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\phi = 0,75 \text{ (Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)}$$

Kuat Tumpu (Pasal 13.2.2.4 SNI 1727:2002)

$$\begin{aligned} R_n &= 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 1,6 \times 1,2 \times 4100 \\ &= 18892,8 \text{ kg} \\ \phi R_n &= 0,75 \times 18892,8 \\ &= 14169,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\phi = 0,75 \text{ (Pasal 13.2.2.4 SNI 1729:2002)}$$

Maka, Kuat Nominal Sambungan yang menentukan adalah 12440,71 kg

- Jumlah Sambungan
 $n = \frac{11918,32}{12440,71} = 0,96 \approx 2 \text{ buah}$

- Jarak Pemasangan Baut (Pasal 13.4 SNI 1729:2002)

$$\begin{aligned} p_{\text{plat}} &= 13 \text{ cm} \\ S &= 50 \text{ mm} \\ S_1 &= 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

Jarak Antar Baut (S)

$$3 d_b \leq S \leq 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$3 \times 16 \leq 50 \leq 15 \times 7 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$48 \leq 50 \leq 105 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Jarak Baut ke Tepi (S_1)

$$1,5 \text{ db} \leq S_1 \leq 4 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5 \times 16 \leq 25 \leq (4 \times 7) + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$24 \leq 25 \leq 128 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

- Kontrol Siku Penyambung

Kontrol Leleh

$$\begin{aligned} A_g &= \text{tp} \times p_{\text{pelat}} \\ &= 1,2 \times 13 = 16 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi T_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 2500 \times 16 \\ &= 35100 \text{ kg} > 11918,32 \dots \text{ OK!} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\phi = 0,9 \text{ (Pasal 10.1 SNI 1729:2002)}$$

Kontrol Patah (Geser Block)

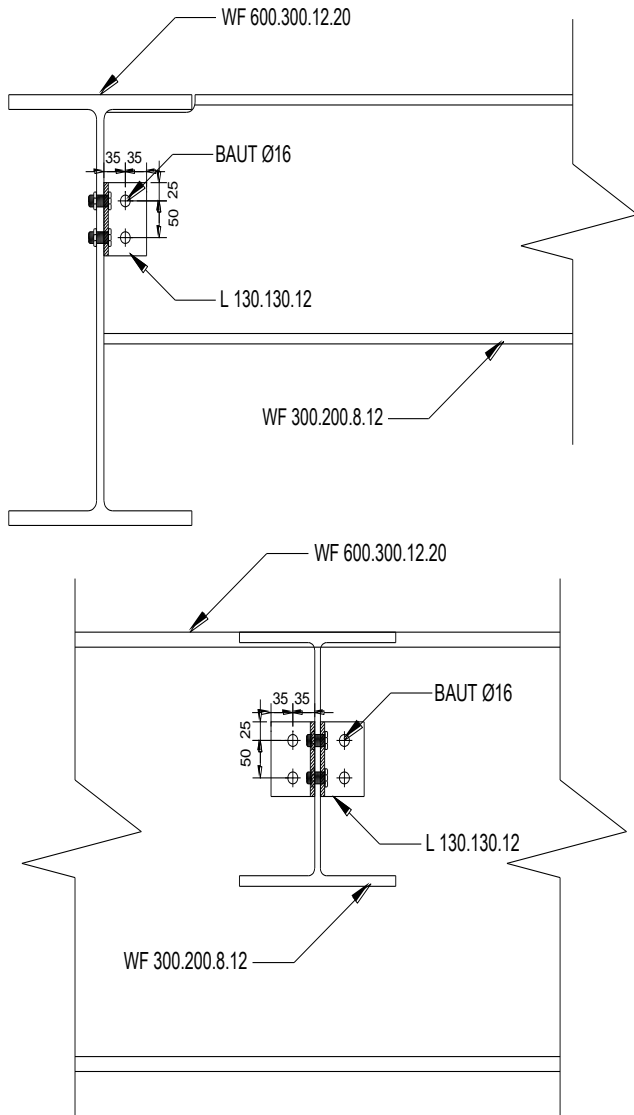
$$\begin{aligned} \phi_{\text{Lubang}} &= 16 + 2 \\ &= 18 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \times \text{tp} \\ &= L - n \times \phi_{\text{Lubang}} \times \text{tp} \\ &= 13 - (2 \times 1,8 \times 1,2) \\ &= 11,28 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi T_n &= \phi \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 4100 \times 11,28 \\ &= 34686 \text{ kg} > 11918,32 \dots \text{ OK!} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\phi = 0,75 \text{ (Pasal 10.1 SNI 1729:2002)}$$



Gambar 4. 18 Sambungan Balok Anak – Balok Induk

- Perencanaan Sambungan Balok Utama Tangga - Balok Penumpu

Tipe Baja BJ 41

$$f_y = 250 \text{ MPa} = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 200000 \text{ MPa} = 2000000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ MPa} = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_u = 1527,6 \text{ kg}$$

Keterangan Baut :

Mutu Baut A325

$$f_u^b = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing \text{ baut} = 12 \text{ mm}$$

$$A_b = 1,131 \text{ cm}^2$$

Keterangan Pelat Siku :

Pelat Siku = 40 x 40 x 4

$$t_p = 4 \text{ mm}$$

$$p_{\text{plat}} = 10 \text{ cm}$$

Persyaratan Baut :

$$r_1 = 0,5$$

(baut ulir pada bidang geser Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)

$$m = 2$$

(jumlah bidang geser Pasal 13.2.2.3 SNI 1729:2002)

Lubang Bor Baut = 2 mm

(Pasal 17.3.6 SNI 1729:2002)

- Perhitungan Sambungan
- Sambungan Siku dan Balok Utama Tangga
Kuat Geser (Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)

$$\begin{aligned} V_n &= r_1 \times f_u^b \times m \times A_b \\ &= 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1,131 \\ &= 9330,53 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varnothing V_n &= 0,75 \times 9330,53 \text{ kg} \\ &= 6997,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\emptyset = 0,75 \text{ (Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)}$$

Kuat Tumpu (Pasal 13.2.2.4 SNI 1729:2002)

$$\begin{aligned} R_n &= 2,4 \text{ db tp fu} \\ &= 2,4 \times 1,2 \times 0,4 \times 4100 = 4723,2 \text{ kg} \\ \emptyset R_n &= 0,75 \times 4723,2 \\ &= 3542,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\emptyset = 0,75 \text{ (Pasal 13.2.2.4 SNI 1729:2002)}$$

Maka, kuat nominal sambungan yang menentukan adalah 3542,4 kg

- Jumlah Sambungan

$$\begin{aligned} n &= \frac{V_u}{\emptyset V_n} \\ &= \frac{1527,6}{3542,4} = 0,4 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

- Sambungan Siku dan Balok Penumpu Tangga
Kuat Geser (Pasal 13.2.2.1 SNI 1727:2002)

$$\begin{aligned} V_n &= r_1 \times f_{ub} \times m \times A_b \\ &= 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1,131 \\ &= 9330,53 \text{ kg} \\ \emptyset V_n &= 0,75 \times 9330,53 \text{ kg} \\ &= 6997,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\emptyset = 0,75 \text{ (Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)}$$

Kuat Tumpu (Pasal 13.2.2.4 SNI 1727:2002)

$$\begin{aligned} R_n &= 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 1,2 \times 0,4 \times 4100 \\ &= 4723,2 \text{ kg} \\ \emptyset R_n &= 0,75 \times 4723,2 \\ &= 3542,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

Keterangan :

$\emptyset = 0,75$ (Pasal 13.2.2.4 SNI 1729:2002)

Maka, Kuat Nominal Sambungan yang menentukan adalah 3542,4 kg

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{1527,6}{3542,4} = 0,4 \approx 2 \text{ buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut (Pasal 13.4 SNI 1729:2002)

$$p_{\text{plat}} = 10 \text{ cm}$$

$$S = 50 \text{ mm}$$

$$S_1 = 25 \text{ mm}$$

Syarat :

Jarak Antar Baut (S)

$$3 \text{ db} \leq S \leq 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$3 \times 12 \leq 50 \leq 15 \times 4 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$36 \leq 50 \leq 60 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Jarak Baut ke Tepi (S_1)

$$1,5 \text{ db} \leq S_1 \leq 4 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5 \times 12 \leq 25 \leq (4 \times 4) + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$18 \leq 25 \leq 116 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

- Kontrol Siku Penyambung

Kontrol Leleh

$$\begin{aligned} A_g &= tp \times p_{\text{plat}} \\ &= 0,4 \times 10 = 4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset T_n &= \emptyset \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 2500 \times 4 \\ &= 9000 \text{ kg} > 1527,6 \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Keterangan :

$\emptyset = 0,9$ (Pasal 10.1 SNI 1729:2002)

Kontrol Patah (Geser Block)

$$\begin{aligned} \emptyset_{\text{Lubang}} &= 12 + 2 \\ &= 14 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \times tp \\
 &= L - n \times \varnothing_{\text{Lubang}} \times tp \\
 &= 10 - (2 \times 1,4 \times 0,4) \\
 &= 2,88 \text{ cm}^2 \\
 \varnothing T_n &= \varnothing \times f_u \times A_{nv} \\
 &= 0,75 \times 4100 \times 2,88 \\
 &= 8856 \text{ kg} > 1527,6 \dots \text{ OK!}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

$\varnothing = 0,75$ (Pasal 10.1 SNI 1729:2002)

- Perencanaan Sambungan Balok Penumpu Tangga – Kolom

Tipe Baja BJ 41

$$f_y = 250 \text{ MPa} = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 200000 \text{ MPa} = 2000000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ MPa} = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_u = 1527,6 \text{ kg}$$

Keterangan Baut :

Mutu Baut A325

$$f_u^b = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing \text{ baut} = 12 \text{ mm}$$

$$A_b = 1,131 \text{ cm}^2$$

Keterangan Pelat Siku :

$$\text{Pelat Siku} = 40 \times 40 \times 4$$

$$tp = 4 \text{ mm}$$

$$p_{\text{plat}} = 10 \text{ cm}$$

Persyaratan Baut :

$$r_1 = 0,5$$

(baut ulir pada bidang geser Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)

$$m = 2$$

(jumlah bidang geser Pasal 13.2.2.3 SNI 1729:2002)

Lubang Bor Baut = 2 mm

(Pasal 17.3.6 SNI 1729:2002)

- Perhitungan Sambungan
- Sambungan Siku dan Balok Penumpu Tangga
Kuat Geser (Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)

$$\begin{aligned} V_n &= r_1 \times f_{ub} \times m \times A_b \\ &= 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1,131 \\ &= 9330,53 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,75 \times 9330,53 \text{ kg} \\ &= 6997,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\phi = 0,75 \text{ (Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)}$$

Kuat Tumpu (Pasal 13.2.2.4 SNI 1729:2002)

$$\begin{aligned} R_n &= 2,4 \text{ db tp fu} \\ &= 2,4 \times 1,2 \times 0,4 \times 4100 = 4723,2 \text{ kg} \\ \phi R_n &= 0,75 \times 4723,2 \\ &= 3542,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\phi = 0,75 \text{ (Pasal 13.2.2.4 SNI 1729:2002)}$$

Maka, kuat nominal sambungan yang menentukan adalah 3542,4 kg

- Jumlah Sambungan

$$\begin{aligned} n &= \frac{V_u}{\phi V_n} \\ &= \frac{1527,6}{3542,4} = 0,4 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

- Sambungan Siku dan Kolom

Kuat Geser (Pasal 13.2.2.1 SNI 1727:2002)

$$\begin{aligned} V_n &= r_1 \times f_{ub} \times m \times A_b \\ &= 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1,131 \\ &= 9330,53 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,75 \times 9330,53 \text{ kg} \\ &= 6997,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\emptyset = 0,75 \text{ (Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)}$$

Kuat Tumpu (Pasal 13.2.2.4 SNI 1727:2002)

$$\begin{aligned} R_n &= 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 1,2 \times 0,4 \times 4100 \\ &= 4723,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= 0,75 \times 4723,2 \\ &= 3542,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\emptyset = 0,75 \text{ (Pasal 13.2.2.4 SNI 1729:2002)}$$

Maka, Kuat Nominal Sambungan yang menentukan adalah 3542,4 kg

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{1527,6}{3542,4} = 0,4 \approx 2 \text{ buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut (Pasal 13.4 SNI 1729:2002)

$$p_{\text{plat}} = 10 \text{ cm}$$

$$S = 50 \text{ mm}$$

$$S_1 = 25 \text{ mm}$$

Syarat :

Jarak Antar Baut (S)

$$3 d_b \leq S \leq 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$3 \times 12 \leq 50 \leq 15 \times 4 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$36 \leq 50 \leq 60 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Jarak Baut ke Tepi (S_1)

$$1,5 d_b \leq S_1 \leq 4 t_p + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5 \times 12 \leq 25 \leq (4 \times 4) + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$18 \leq 25 \leq 116 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

- Kontrol Siku Penyambung

Kontrol Leleh

$$\begin{aligned} A_g &= t_p \times p_{\text{plat}} \\ &= 0,4 \times 10 = 4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi T_n &= \phi \times f_y \times A_g \\
 &= 0,9 \times 2500 \times 4 \\
 &= 9000 \text{ kg} > 1527,6... \text{ OK!}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

$\phi = 0,9$ (Pasal 10.1 SNI 1729:2002)

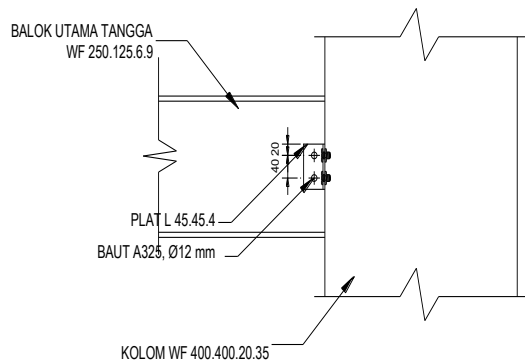
Kontrol Patah (Geser Block)

$$\begin{aligned}
 \phi_{\text{Lubang}} &= 12 + 2 \\
 &= 14 \text{ mm} \\
 A_{nv} &= L_{nv} \times t_p \\
 &= L - n \times \phi_{\text{Lubang}} \times t_p \\
 &= 10 - (2 \times 1,4 \times 0,4) \\
 &= 2,88 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi T_n &= \phi \times f_u \times A_{nv} \\
 &= 0,75 \times 4100 \times 2,88 \\
 &= 8856 \text{ kg} > 1527,6... \text{ OK!}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

$\phi = 0,75$ (Pasal 10.1 SNI 1729:2002)



Gambar 4. 19 Sambungan Balok Penumpu Tangga - Kolom

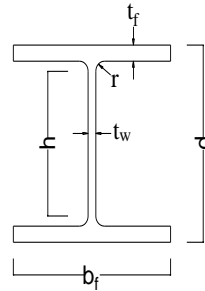
- Perencanaan Sambungan Kolom – Kolom

Diketahui :

Kolom WF:

Direncanakan Profil Kolom WF 428 x 407 x 20 x 35, dengan spesifikasi teknis seperti berikut :

$$\begin{aligned}
 W &= 172,0 \text{ kg/m} & I_y &= 39400 \text{ cm}^4 \\
 d &= 428 \text{ mm} & i_x &= 18,2 \text{ cm} \\
 b_f &= 407 \text{ mm} & i_y &= 10,4 \text{ cm} \\
 t_f &= 35 \text{ mm} & S_x &= 5570 \text{ cm}^3 \\
 t_w &= 20 \text{ mm} & S_y &= 1930 \text{ cm}^3 \\
 A &= 360,7 \text{ cm}^2 & Z_x &= 6239 \text{ cm}^3 \\
 r &= 22 \text{ mm} & Z_y &= 2892 \text{ cm}^3 \\
 I_x &= 119000 \text{ cm}^4 & h &= d - 2(t_f + r) \\
 & & &= 314 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Output ETABS:

$$M_u = 17698,28 \text{ kg.m}$$

$$P_u = 197960,49 \text{ kg}$$

$$V_u = 8339,29 \text{ kg}$$

Tipe Pelat BJ 41

$$f_y = 250 \text{ MPa} = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 200000 \text{ MPa} = 2000000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ MPa} = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

Keterangan Pelat :

$$t_p = 35 \text{ mm}$$

Keterangan Baut (Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)

Mutu Baut A325

$$f_{ub} = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi_{\text{baut}} = 20 \text{ mm}$$

$$A_b = 3,142 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0,5 \text{ (baut ulir pada bidang geser Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)}$$

$$m = 1 \text{ (Jumlah Bidang Geser Pasal 13.2.2.3 SNI 1729:2002)}$$

$$\text{Lubang Bor Baut} = 2 \text{ mm (Pasal 17.3.6 SNI 1729:2002)}$$

- Perhitungan Gaya Dalam
- Pembagian Beban Momen

$$I_{x_{\text{badan}}} = 1/12 \times t_w \times d^3$$

$$= 1/12 \times (20/10) \times ((428/10)^3)$$

$$= 13067,125 \text{ cm}^4$$

$$\text{Mu}_{\text{badan}} = \frac{I_{\text{xbadan}}}{I_{\text{x}}} \times \text{Mu}$$

$$= \frac{13067,125}{119000} \times (17698,28 \times 100)$$

$$= 194340,9 \text{ kg.cm}$$

$$\text{Mu}_{\text{sayap}} = \text{Mu} - \text{Mu}_{\text{badan}}$$

$$= 1769828,0 - 194340,9$$

$$= 1575487,1 \text{ kg.cm}$$

- Pembagian Beban Aksial

$$A_{\text{badan}} = d \times t_w$$

$$= 42,8 \times 2$$

$$= 85,6 \text{ cm}^2$$

$$\text{Pu}_{\text{badan}} = \frac{A_{\text{badan}}}{A} \times \text{Pu}$$

$$= \frac{85,6}{360,7} \times 197960,49 = 46979,3 \text{ kg}$$

$$\text{Pu}_{\text{sayap}} = \text{Pu} - \text{Pu}_{\text{badan}}$$

$$= 197960,5 - 46979,3$$

$$= 150981,2 \text{ kg}$$

Karena 2 sayap, maka Pu 1 sayap

$$\frac{150981,2}{2} = 75490,62 \text{ kg}$$

- Kuat Geser

$$V_n = r_1 \times f_{ub} \times m \times A_b$$

$$= 0,5 \times 8250 \times 1 \times 3,142$$

$$= 12959,0697 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 12959,0697$$

$$= 9719,302 \text{ kg}$$

Keterangan :

$\phi = 0,75$ (Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)

- Kuat Tumpu

$$R_n = 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$$

$$= 2,4 \times 2 \times 3,5 \times 4100 = 68880 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 68880$$

$$= 51660 \text{ kg}$$

Keterangan :

$$\emptyset = 0,75 \text{ (Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)}$$

Maka, kuat nominal sambungan yang menentukan adalah 9719,302 kg

- Gaya pada sayap

$$T = \frac{M_u}{d} = \frac{1575487,1}{42,8} = 36810,45 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} T_u &= T + P_{u_{\text{sayap}}} \\ &= 36810,45 + 75490,62 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{T_u}{\emptyset V_n} = \frac{112301,06}{9719,302} = 11,55 \approx 12 \text{ buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut (Pasal 13.4 SNI 1729:2002)

$$S = 80 \text{ mm} \quad S_1 = 40 \text{ mm}$$

Jarak Antar Baut (S)

$$3 \text{ db} \leq S \leq 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$3 \times 20 \leq 80 \leq 15 \times 35 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$60 \leq 80 \leq 525 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Jarak Baut ke Tepi (S_1)

$$1,5 \text{ db} \leq S_1 \leq 4 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5 \times 20 \leq 40 \leq 4 \times 35 + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$30 \leq 40 \leq 240 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

- Sambungan pada Badan Kolom

Beban yang harus dipikul baut akibat gaya geser direncanakan jumlah baut (n) = 8 buah

$$V_i = \frac{V_u}{n} = \frac{8339,29}{8} = 1042,4$$

Baut	xi	yi	Fix	Fiy	Ri
	mm	mm	kg	kg	kg
1	-40	120	3036,576	-1012,19	3200,832
2	-40	40	1012,192	-1012,19	1431,456
3	-40	-40	-1012,19	-1012,19	1431,456
4	-40	-120	-3036,58	-1012,19	3200,832
5	40	-120	-3036,58	1012,192	3200,832
6	40	-40	-1012,19	1012,192	1431,456
7	40	40	1012,192	1012,192	1431,456
8	40	120	3036,576	1012,192	3200,832

$$\begin{aligned}\sum r_i &= \sum x_i^2 + \sum y_i^2 \\ &= 12800 + 64000 = 76800 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Kuat Geser

$$\begin{aligned}V_n &= r_l \times f_{ub} \times m \times A_b \\ &= 0,5 \times 8250 \times 1 \times 3,142 \\ &= 12959,0697 \text{ kg} \\ \phi V_n &= 0,75 \times 12959,0697 \\ &= 9719,302 \text{ kg}\end{aligned}$$

Keterangan :

$$\phi = 0,75 \text{ (Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)}$$

- Kuat Tumpu

$$\begin{aligned}R_n &= 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 2 \times 2 \times 4100 \\ &= 39360 \text{ kg} \\ \phi R_n &= 0,75 \times 39360 \\ &= 29520 \text{ kg}\end{aligned}$$

Keterangan :

$$\phi = 0,75 \text{ Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)}$$

- Cek Persyaratan Desain

$$R_u < \phi V_n$$

$$3200,832 < 9719,30 \dots \text{OK!}$$

- Perencanaan Sambungan Kolom – Balok Induk

Diketahui :

Kolom WF:

Direncanakan Profil Kolom WF 400 x 400 x 20 x 35,
dengan spesifikasi teknis seperti berikut :

$$W = 172,0 \text{ kg/m} \quad I_y = 39400 \text{ cm}^4$$

$$d = 428 \text{ mm} \quad i_x = 18,2 \text{ cm}$$

$$b_f = 407 \text{ mm} \quad i_y = 10,4 \text{ cm}$$

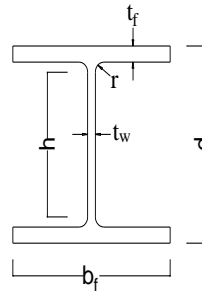
$$t_f = 35 \text{ mm} \quad S_x = 5570 \text{ cm}^3$$

$$t_w = 20 \text{ mm} \quad S_y = 1930 \text{ cm}^3$$

$$A = 360,7 \text{ cm}^2 \quad Z_x = 6239 \text{ cm}^3$$

$$r = 22 \text{ mm} \quad Z_y = 2892 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 119000 \text{ cm}^4 \quad h = d - 2(t_f + r) \\ = 314 \text{ mm}$$



Balok WF:

Direncanakan Profil Balok WF 600 x 300 x 12 x 20 , dengan
spesifikasi teknis seperti berikut :

$$W = 151 \text{ kg/m} \quad I_y = 9020 \text{ cm}^4$$

$$d = 588 \text{ mm} \quad i_x = 24,8 \text{ cm}$$

$$b_f = 300 \text{ mm} \quad i_y = 6,85 \text{ cm}$$

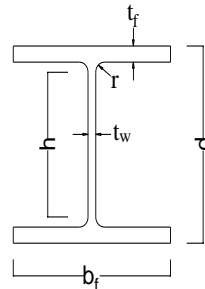
$$t_f = 20 \text{ mm} \quad S_x = 4020 \text{ cm}^3$$

$$t_w = 12 \text{ mm} \quad S_y = 601 \text{ cm}^3$$

$$A = 192,5 \text{ cm}^2 \quad Z_x = 4309 \text{ cm}^3$$

$$r = 28 \text{ mm} \quad Z_y = 899 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 118000 \text{ cm}^4 \quad h = d - 2(t_f + r) \\ = 492 \text{ mm}$$



Tipe Baut BJ 41

$$f_y = 250 \text{ MPa} = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 200000 \text{ MPa} = 2000000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ MPa} = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

Tipe Pelat BJ 41

$$f_y = 250 \text{ MPa} = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 200000 \text{ MPa} = 2000000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ MPa} = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

Output ETABS:

$$M_u = 72056,25 \text{ kg.m}$$

$$P_u = 151,62 \text{ kg}$$

$$V_u = 33415,41 \text{ kg}$$

Untuk merencanakan sendi plastis terjadi di bagian bentang balok (jauh dari sambungan), berdasarkan Pasal 15.7.2.3 SNI 1729:2002, kuat geser perlu terfaktor (V_u) harus ditentukan berdasarkan kuat geser akibat beban kombinasi ditambah dengan gaya geser yang dihasilkan dari momen lentur sebesar $1,1 R_y M_p$.

Gaya-gaya yang terjadi:

$$\begin{aligned} M_u &= 1,1 \times R_y \times M_p \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 72056,25 \\ &= 118892,8125 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Sambungan Baut

Keterangan Baut : (Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)

Mutu Baut A490

$$f_{ub} = 1035 \text{ MPa} = 10350 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing_{\text{baut}} = 22 \text{ mm}$$

$$A_b = 3,801 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0,5 \text{ (baut ulir pada bidang geser Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)}$$

$$m = 2 \text{ (Jumlah Bidang Geser Pasal 13.2.2.3 SNI 1729:2002)}$$

$$\text{Lubang Bor Baut} = 2 \text{ mm (Pasal 17.3.6 SNI 1729:2002)}$$

Keterangan Pelat :

$$t_p = 20 \text{ mm}$$

- Kuat Geser

$$\begin{aligned}
 V_n &= r_l \times f_{ub} \times m \times A_b \\
 &= 0,5 \times 10350 \times 2 \times 3,801 \\
 &= 38343,736 \text{ kg} \\
 \emptyset V_n &= 0,75 \times 38343,736 \\
 &= 29507,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

$\emptyset = 0,75$ (Pasal 13.2.2.1 SNI (1729:2002))

- Kuat Tumpu

$$\begin{aligned}
 R_n &= 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\
 &= 2,4 \times 2,2 \times 2 \times 4100 \\
 &= 43296 \text{ kg} \\
 \emptyset R_n &= 0,75 \times 43296 \\
 &= 32472 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

$\emptyset = 0,75$ (Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)

Maka, kuat nominal sambungan yang menentukan adalah 29507,8 kg

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{V_u}{\emptyset V_n} = \frac{33415,41}{29507,8} = 1,13 \approx 2 \text{ buah}$$

- Kuat Baut Akibat Geser dan Tarik (Pasal 13.2.2.2 SNI 1729:2002)

$$\begin{aligned}
 T_d &= \emptyset \times f_{ub} \times A_b \\
 &= 0,75 \times 10350 \times 3,801 \\
 &= 29507,802 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

$\emptyset = 0,75$ (Pasal 13.2.2.2 SNI 1729:2002)

- Jarak Pemasangan Baut (Pasal 13.4 SNI 1729:2002)

$$p_{\text{plat}} = 16 \text{ cm}$$

$$S = 80 \text{ mm} \quad S_1 = 40 \text{ mm}$$

Jarak Antar Baut (S)

$$3 \text{ db} \leq S \leq 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$3 \times 22 \leq 80 \leq 15 \times 20 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$66 \leq 80 \leq 300 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Jarak Baut ke Tepi (S_1)

$$1,5 \text{ db} \leq S_1 \leq 4 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5 \times 22 \leq 40 \leq 4 \times 20 + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$33 \leq 40 \leq 180 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

- Kontrol Geser

$$V_u = \frac{Pu}{n} = \frac{33415,41}{2} = 16707,705 \text{ kg}$$

Cek Persyaratan Desain

$$V_u < \phi R_n$$

$$16707,705 < 0,75 \times 29507,8$$

$$16707,705 < 22130,85 \dots \text{OK!}$$

Keterangan :

$$\phi = 0,75 \text{ (Pasal 13.2.2.2 SNI 1729:2002)}$$

- Kontrol Baut Akibat Tarik

$$f_{uv} = \frac{V_u}{A} = \frac{16707,705}{3,801} = 4395,2295 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_t = 1,3 f_u^b - 1,9 f_{uv}$$

$$= 1,3 \times 10350 - 1,9 \times 4395,2295$$

$$= 5104,064 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_t < f_u$$

$$5104,064 < 10350,00 \dots \text{OK!}$$

- Kuat Baut Akibat Geser dan Tarik

$$T_d = \phi \times f_u^b \times A_b$$

$$= 0,75 \times 10350 \times 3,801$$

$$= 29507,802 \text{ kg}$$

Keterangan :

$\emptyset = 0,75$ (Pasal 13.2.2.2 SNI 1729:2002)

- Kontrol Baut Akibat Geser dan Tarik (Pasal 13.2.2.3 SNI 1729:2002)

$$\frac{V_u^2}{\emptyset Rn} + \frac{T_u^2}{\emptyset Rn} \leq 1,0$$

$0,89 < 1 \dots \text{OK!}$

- Kuat Baut Akibat Momen

$$T_{u_{\max}} = \frac{M_u d_{\max}}{\sum d^2} = \frac{(118892,8 \times 100) \times 40}{3000} = 158523,75 \text{ kg}$$

dimana perhitungannya disajikan pada Tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Nilai Gaya pada Baut

No	d_i	d_i^2
1	10	100
2	20	400
3	30	900
4	40	1600
Total	100	3000

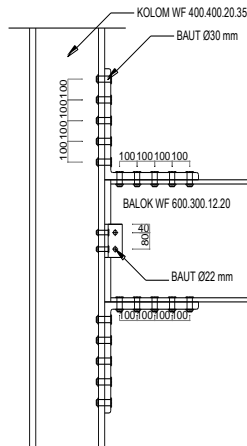
$$d_{\max} = 40 \text{ cm}$$

$$\sum d^2 = 3000 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} T_n &= \emptyset \times f_u^b \times A_b \\ &= 0,75 \times 10350 \times 3,801 \\ &= 29507,802 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_d &= 0,75 \times T_n \\ &= 0,75 \times 29507,802 \\ &= 22130,851 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{u_{\max}} &< T_d \\ 15852,375 &< 22130,851 \text{ kg} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$



Gambar 4. 20 Sambungan Balok Induk - Kolom

- Perencanaan Sambungan Bresing

Kuat perlu sambungan batang bresing ke balok, harus ditentukan lebih besar atau sama dengan kuat nominal batang bresing yaitu $1,25 \times R_y \times V_n$.

Untuk kuat geser nominal (V_n), diambil yang terkecil dari V_p atau $2M_p/e$.

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (35 - 2 \cdot 1,9) \cdot 1,2 \\ &= 56160 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\frac{2M_p}{e} = \frac{2 \times Z_x \times f_y}{e} = \frac{2 \times 2493 \times 2500}{100} = 124659,1 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 1,25 \cdot R_y \cdot V_n \\ &= 1,25 \cdot 1,5 \cdot 56160 \\ &= 105300 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Sambungan pada batang bresing

Keterangan Baut : (Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)

Mutu Baut A325

$$f_{ub} = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing \text{baut} = 20 \text{ mm}$$

$$A_b = 3,142 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0,5 \text{ (baut ulir pada bidang geser Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)}$$

$$m = 1 \text{ (Jumlah Bidang Geser Pasal 13.2.2.3 SNI 1729:2002)}$$

Keterangan Pelat :

$$t_p = 19 \text{ mm}$$

Kuat Geser (Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)

$$\begin{aligned} V_n &= r_1 \times f_{ub} \times m \times A_b \\ &= 0,5 \times 8250 \times 1 \times 3,142 \\ &= 12959,07 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varnothing V_n &= 0,75 \times 12959,07 \text{ kg} \\ &= 9719,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\varnothing = 0,75 \text{ (Pasal 13.2.2.1 SNI 1729:2002)}$$

Kuat Tumpu (Pasal 13.2.2.4 SNI 1729:2002)

$$\begin{aligned} R_n &= 2,4 \text{ db } t_p f_u \\ &= 2,4 \times 2 \times 1,9 \times 4100 = 37392 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varnothing R_n &= 0,75 \times 37392 \\ &= 28044,00 \text{ kg} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\varnothing = 0,75 \text{ (Pasal 13.2.2.4 SNI 1729:2002)}$$

Maka, kuat nominal sambungan yang menentukan adalah 9719,3 kg

- Jumlah Sambungan

$$\begin{aligned} n &= \frac{V_u}{\varnothing V_n} \\ &= \frac{105300}{9719,30} = 10,8 \approx 12 \text{ buah} \end{aligned}$$

- Jarak Pemasangan Baut (Pasal 13.4 SNI 1729:2002)

$$S = 75 \text{ mm}$$

$$S_1 = 50 \text{ mm}$$

Syarat :

Jarak Antar Baut (S)

$$3 \text{ db} \leq S \leq 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$3 \times 20 \leq 75 \leq 15 \times 19 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$60 \leq 75 \leq 285 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Jarak Baut ke Tepi (S_1)

$$1,5 \text{ db} \leq S_1 \leq 4 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5 \times 20 \leq 50 \leq (4 \times 19) + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$30 \leq 50 \leq 176 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

- Perhitungan Sambungan Las

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut:

Data Perencanaan:

$$L_P = 840 \text{ cm} \quad e = 100 \text{ cm} \quad d = 800 \text{ mm}$$

$$h = 420 \text{ cm} \quad \alpha = 48,62^\circ \quad b = 800 \text{ mm}$$

$$\text{tp} = 19 \text{ mm}$$

$$a = 6 \text{ mm (Ketebalan las sudut sesuai dengan Pasal 13.5.1 SNI 1729:2002)}$$

Perhitungan Kuat Rencana Las

$$V_u = 105300 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} A_w &= 2 \times 0,707 \times a \times l_w \\ &= 2 \times 0,707 \times 6 \times (800 + 800) \\ &= 135,7 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi Arah x

$$\begin{aligned} V_{u_x} &= V_u \times \cos \alpha \\ &= 105300 \times \cos 48,62^\circ \\ &= 69606,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$f_h = \frac{Vu_x}{A_w} = \frac{69606,5}{135,7} = 512,8 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan yang terjadi Arah y

$$\begin{aligned} Vu_y &= Vu \times \sin \alpha \\ &= 105300 \times \sin 48,62^\circ \\ &= 79012,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$f_v = \frac{Vu_y}{A_w} = \frac{79012,8}{135,7} = 582,1 \text{ kg/cm}^2$$

- Kontrol Kekuatan

Tegangan Putus Las

$$F_{E100XX} = 7030 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_n &= 0,6 \times F_{E100XX} \\ &= 0,6 \times 7030 \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{\text{total}} &= \sqrt{f_h^2 + f_v^2} \\ &= 775,72 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Maka persyaratan kontrol kekuatannya adalah sebagai berikut:

$$f_{\text{total}} < \phi f_n$$

$$775,72 < 0,75 \times 4218$$

$$775,72 < 3163,5 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK!}$$

Keterangan:

$$\phi = 0,75 \text{ (Pasal 13.5.3.10 SNI 1729:2002)}$$

- Perencanaan Base Plate

Data Perencanaan:

Kolom Baja WF 400 x 400 x 20 x 35

$$d = 428 \text{ mm} \quad t_f = 35 \text{ mm}$$

$$b_f = 407 \text{ mm} \quad t_w = 20 \text{ mm}$$

$$m = 46,5 \text{ mm}$$

Mutu:

$$f_c' = 30.0 \text{ MPa} \quad f_y = 250 \text{ MPa}$$

$$f_{y_{tul}} = 390 \text{ MPa} \quad f_u = 410 \text{ MPa}$$

Gaya dalam output program bantu ETABS 2013:

$$M_u = 11638,65 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 6378,11 \text{ kg}$$

$$P_u = 256922,5 \text{ kg}$$

Direncanakan:

$$\text{Angkur D 16 mm; } A_b = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

- Perhitungan Ketebalan Pelat Landas
- Kuat Tumpu Pedestal

Kolom Pedestal direncanakan adalah kolom dengan material beton, sehingga kuat tumpu yang digunakan adalah kuat tumpu beton dengan perhitungan sebagai berikut:

$$f_{p_{\max}} = f_c \times 0,85 \times f_c'$$

$$= 0,65 \times 0,85 \times 30 = 16,58 \text{ MPa}$$

$$= 165,75 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_1 = 1,25 \text{ inc} = 3,0625 \text{ cm}$$

$$W_e = 1,125 \text{ inc} = 2,756 \text{ cm}$$

$$\text{diambil } C_1 = W_e = 3,0625 \text{ cm} \approx 3,25 \text{ cm} = 32,5 \text{ mm}$$

$$H = 428 + 2 \times (32,5 + 32,5) = 558 \text{ mm} \approx 560 \text{ mm}$$

$$B = 407 + 2 \times 20 = 447 \text{ mm} \approx 450 \text{ mm}$$

$$h = H - W_e = 527,5 \text{ mm}$$

$$f_p = \frac{P_u}{B \times H} = \frac{256922,5}{45 \times 56} = 101,95 \text{ kg/cm}^2$$

Persyaratan:

$$f_p < f_{p_{\max}}$$

$$101,95 < 165,75 \dots \text{OK!}$$

- Kuat Perlu pada Pelat Landas

Kuat Perlu pada pelat landas ditentukan dengan perumusan sebagai berikut:

$$M_{pl} = 0,5 \times f_p \times l^2$$

$$= 0,5 \times 101,95 \times 10,4^2$$

$$= 5549,96 \text{ kg.cm/cm}$$

dimana, nilai l diambil terbesar dari m , n , dan l_n' dengan perumusan sebagai berikut:

$$m = \frac{N - 0,95 d}{2} = \frac{56 - 0,95 \times 42,8}{2} = 7,67 \text{ cm}$$

$$n = \frac{B - 0,8 b_f}{2} = \frac{45 - 0,8 \times 40,7}{2} = 6,22 \text{ cm}$$

$$\lambda n' = \frac{1}{4} \lambda \sqrt{d \times b_f} = \frac{1}{4} \times 1 \sqrt{42,8 \times 40,7} = 10,4 \text{ cm}$$

Keterangan:

λ = diambil konservatif adalah 1

Dikarenakan baseplate juga menerima momen maka di asumsikan terdapat efek eksentrisitas (e) terhadap gaya tekan (P_u) terhadap baseplate dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} q_{\max} &= f_{p_{\max}} \times B \\ &= 165,75 \times 45 = 7458,75 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e &= M_u / P_u \\ &= (11638,65 / 256922,5) \times 100 \\ &= 4,53 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_{\text{kritis}} &= \frac{H}{6} \\ &= \frac{(560/10)}{6} = 9,33 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$e < e_{\text{kritis}}$$

$$4,53 < 9,33 \text{ (Angkur Praktis)}$$

Termasuk dalam kategori baseplate yang memikul gaya aksial, gaya geser dan juga momen lentur dengan intensitas yang cukup kecil, sehingga distribusi tegangan tidak terjadi sepanjang baseplate, namun momen lentur yang bekerja masih belum mengakibatkan baseplate terangkat dari beton penumpu. Angkur terpasang hanya berfungsi sebagai penahan gaya geser, disamping itu angkur tersebut juga berfungsi menjaga stabilitas struktur selama masa konstruksi.

- Tebal Pelat Landas (*Base Plate*)
Ketebalan Pelat Landas (*Base Plate*) direncanakan dengan perhitungan dan kontrol terhadap sisi desak yang terjadi dengan ketentuan sebagai berikut:

$$Y = \frac{P_u}{q_{\max}} = \frac{256922,5}{7458,75} = 34,446 \text{ cm}$$

Tebal Pelat Landas Minimum ($t_{p_{\min}}$)

Tebal pelat landas minimum ditentukan berdasarkan kondisi batas leleh pelat landas dengan ketentuan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} t_p &\geq \sqrt{\frac{4M_{pl}}{\phi f_y}} \\ &\geq \sqrt{\frac{4 \times 5549,96}{0,9 \times 2500}} \\ &\geq 3,1 \text{ cm} \end{aligned}$$

Keterangan:

$$\phi = 0,9$$

Tebal Pelat akibat Kontrol Desak Momen

Tebal pelat landas akibat momen yang terjadi akibat tegangan reaksi beton pada kantilever (m) ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut:

Apabila di dapatkan $Y > m$ maka menggunakan syarat 1:

$$\begin{aligned} t_p &\geq 1,5 \times m \times \sqrt{\frac{f_p}{f_y}} \\ &\geq 1,5 \times 7,67 \times \sqrt{\frac{101,95}{2500}} \\ &\geq 2,3 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai tebal pelat landas = 4 cm

- Panjang angkur

$$L_{db} = \frac{0,02 \times A_b \times f_y}{\sqrt{f'c}} = \frac{0,02 \times (2,01 \times 100) \times 585}{\sqrt{30}}$$

$$= 429 \text{ mm} = 42,9 \text{ cm}$$

- Perhitungan Las Pada End Plate

$$t_e = 1 \text{ cm}$$

$$A_{\text{las}} = 205,1 \text{ cm}^2$$

$$S = b \times d + \frac{d^2}{3}$$

$$= (40,7 \times 42,8) + \left(\frac{42,8^2}{3} \right)$$

$$= 2352,573 \text{ cm}^2$$

$$f_{uw} = \emptyset \times 0,6 \times F_{E100XX}$$

$$= 0,75 \times 0,6 \times 7033$$

$$= 3164,85 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol tegangan las akibat P_u

$$f_p = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u}{S} = \frac{256922,5}{205,1} + \frac{(11638,65 \times 100)}{2352,573}$$

$$= 1747,389 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol tegangan las akibat V_u

$$f_v = \frac{V_u}{A} + \frac{M_u}{S} = \frac{6378,11}{205,1} + \frac{(11638,65 \times 100)}{2352,573}$$

$$= 36,045 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol tegangan las

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_p^2 + f_v^2}$$

$$= \sqrt{1747,389^2 + 36,045^2}$$

$$= 1747,76 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol tebal kaki las

$$t_e = \frac{f_{\text{total}}}{f_{uw}} = \frac{1747,76}{3164,85} = 0,55 \text{ cm}$$

$$w = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,55}{0,707} = 0,78 \text{ cm}$$

$$w_{\text{eff max}} = 1,41 \frac{f_u}{F_{E100XX}} t_p$$

$$= 1,41 \times \frac{8250}{7033} \times 4$$

$$= 6,6 \text{ cm}$$

Dipakai las dengan $w = 7 \text{ cm}$

4.8. Kontrol Penampang Struktur Beton

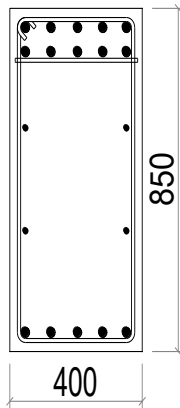
4.8.1. Balok

Berikut adalah pembahasan perhitungan kontrol penampang balok beton. Adapun data-data eksisting, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa program bantu ETABS 2013 sebagai berikut:

- Data eksisting penampang balok:
- Tipe Balok : B1
- Bentang Balok : 8400 mm
- Dimensi Balok : 850 x 400 mm
- Kuat Tekan Beton f_c' : 30 MPa
- Kuat Leleh Tulangan Lentur f_y : 390 MPa
- Kuat Leleh Tulangan Geser f_y : 240 MPa
- Diameter Tulangan Lentur : 22 mm
- Diameter Tulangan Geser : 13 mm
- Tebal Selimut Beton : 40 mm
- Jarak Spasi Tulangan Geser Tumpuan : 100 mm
- Jarak Spasi Tulangan Geser Lapangan : 200 mm
- Jumlah Tulangan Lentur Tumpuan : 10 buah (tarik)
: 5 buah (tekan)
- Jumlah Tulangan Lentur Lapangan : 10 buah (tarik)
: 5 buah (tekan)
- Luas Tulangan Lentur Tumpuan : 3802,86 mm²
: 1901,43 mm²
- Luas Tulangan Lentur Lapangan : 3802,86 mm²
: 1901,43 mm²

Tinggi efektif balok:

$$\begin{aligned}
 d &= h_{\text{balok}} - \text{selimut beton} - D.\text{Tul geser} - 0,5 D.\text{Tul Lentur} \\
 &= 850 - 40 - 13 - (0,5 \times 22) \\
 &= 786 \text{ mm} \\
 d' &= \text{Selimut beton} + D.\text{Tul geser} + 0,5 D.\text{Tul Lentur} \\
 &= 40 + 13 + (0,5 \times 22) \\
 &= 64 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 21 Penampang Balok B1

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{3802,86 \times 390}{0,85 \times 30 \times 400} \\
 &= 145,403 \text{ mm (tumpuan-tarik)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{1901,43 \times 390}{0,85 \times 30 \times 400} \\
 &= 72,7017 \text{ mm (tumpuan-tekan)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{3802,86 \times 390}{0,85 \times 30 \times 400} \\
 &= 145,403 \text{ mm (lapangan-tarik)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{1901,43 \times 390}{0,85 \times 30 \times 400} \\
 &= 72,7017 \text{ mm (lapangan-tekan)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,9 \times 3802,86 \times 390 \times \left(786 - \frac{145,403}{2} \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 952112634,6 \text{ Nmm (tumpuan-tarik)} \\
\phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
&= 0,9 \times 1901,43 \times 390 \times \left(786 - \frac{72,7017}{2}\right) \\
&= 500316920,1 \text{ Nmm (tumpuan-tekan)} \\
\phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
&= 0,9 \times 3802,86 \times 390 \times \left(786 - \frac{145,403}{2}\right) \\
&= 952112634,6 \text{ Nmm (lapangan-tarik)} \\
\phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
&= 0,9 \times 1901,43 \times 390 \times \left(786 - \frac{72,7017}{2}\right) \\
&= 500316920,1 \text{ Nmm (lapangan-tekan)}
\end{aligned}$$

Dari hasil output program bantu ETABS 2013, didapatkan gaya dalam sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
M_u &= 582077600 \text{ Nmm (tumpuan-tarik)} \\
M_u &= 63180029,09 \text{ Nmm (tumpuan-tekan)} \\
M_u &= 217248600 \text{ Nmm (lapangan-tarik)}
\end{aligned}$$

Cek kemampuan pemanpang:

$$M_u < \phi M_n$$

- Tumpuan-tarik
 $582077600 < 952112634,6 \text{ Nmm}$
 $0,611 < 1 \dots \text{OK!}$
- Tumpuan-tekan
 $63180029,09 < 500316920,1 \text{ Nmm}$
 $0,126 < 1 \dots \text{OK!}$
- Lapangan-tarik
 $217248600 < 952112634,6 \text{ Nmm}$
 $0,228 < 1 \dots \text{OK!}$

A_v = Jumlah kaki tulangan geser x Luas tulangan geser

$$= 2 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \right)$$

$$= 265,571 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.1, kuat geser beton untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur adalah sebagai berikut:

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_{c'}} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 400 \times 786$$

$$= 287006,62 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{S}$$

$$= \frac{265,57 \times 390 \times 786}{100}$$

$$= 814082,66 \text{ N (tumpuan)}$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{S}$$

$$= \frac{265,57 \times 390 \times 786}{200}$$

$$= 407041,33 \text{ N (lapangan)}$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$= 287006,62 + 814082,66$$

$$= 1101089,3 \text{ N} = 110108,93 \text{ kg (tumpuan)}$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$= 287006,62 + 407041,33$$

$$= 694047,9 \text{ N} = 69404,79 \text{ kg (lapangan)}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times V_n$$

$$= 0,75 \times 110108,93$$

$$= 82581,7 \text{ kg (tumpuan)}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times V_n$$

$$= 0,75 \times 69404,79$$

$$= 52053,6 \text{ kg (lapangan)}$$

Dari hasil output program bantu ETABS 2013, didapatkan gaya dalam sebagai berikut:

$$V_u = 24032,43 \text{ kg (tumpuan)}$$

$$V_u = 9223,5 \text{ kg (lapangan)}$$

Cek kemampuan pemanpang:

$$V_u < \phi V_n \text{ (tumpuan)}$$

$$24032,43 < 82581,7$$

$$0,29 < 1 \dots \text{OK!}$$

$$V_u < \phi V_n \text{ (lapangan)}$$

$$9223,5 < 52053,6$$

$$0,2 < 1 \dots \text{OK!}$$

4.8.2. Kolom

Berikut adalah pembahasan perhitungan kontrol penampang kolom beton. Adapun data-data eksisting, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa program bantu ETABS 2013 sebagai berikut:

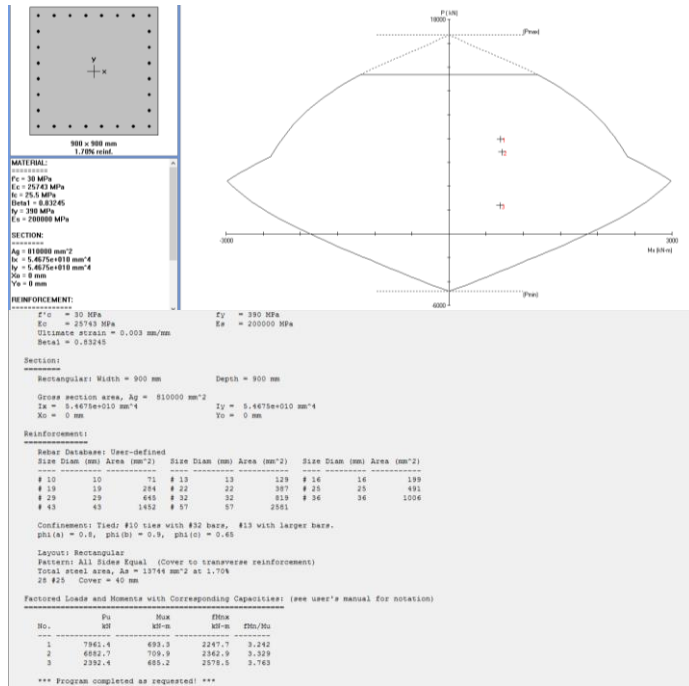
- Data eksisting penampang kolom
- Tipe Kolom : K1
- Tinggi Kolom : 4750 mm
- Dimensi Balok : 900 x 900 mm
- Kuat Tekan Beton f_c' : 30 MPa
- Kuat Leleh Tulangan Lentur f_y : 390 MPa
- Kuat Leleh Tulangan Geser f_y : 240 MPa
- Diameter Tulangan Lentur : 25 mm
- Diameter Tulangan Geser : 13 mm
- Tebal Selimut Beton : 40 mm
- Jarak Spasi Tulangan Geser : 100 mm
- Jumlah Kaki : 3 buah
- Jumlah Tulangan Lentur : 28 buah
- Luas 1 Tulangan Lentur : 490,87 mm²
- Luas Total Tulangan Lentur : 13744,47 mm²
- Luas 1 Tulangan Geser : 132,73 mm²

$$\begin{aligned} \text{Rasio tulangan} &= \frac{\text{Luas total tulangan lentur}}{b \times h} \times 100 \\ &= \frac{13744,47}{900 \times 900} \times 100 \\ &= 1,7 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= h_{\text{kolom}} - \text{selimut beton} - D_{\text{Tul geser}} - 0,5 D_{\text{Tul Lentur}} \\
 &= 900 - 40 - 13 - (0,5 \times 25) \\
 &= 834,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Cek Kapasitas Penampang

Semua hasil output program bantu ETABS 2013 dimasukkan kedalam program bantu PCACol untuk mengetahui kapasitas kolom tersebut, disajikan pada Gambar 4.22.



Gambar 4. 22 Hasil Output Kapasitas Penampang Kolom

Momen kapasitas yang dihasilkan dari program bantu PCACol adalah sebagai berikut:

$$\phi M_{n1} = 2247,7 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_{n2} = 2362,9 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_{n3} = 2578,5 \text{ kN.m}$$

Didapatkan hasil output program bantu ETABS 2013 adalah sebagai berikut:

$$Pu_1 = 7961,4 \text{ kN} \quad Mux_1 = 693,3 \text{ kN.m}$$

$$Pu_2 = 6882,7 \text{ kN} \quad Mux_2 = 709,9 \text{ kN.m}$$

$$Pu_3 = 2392,4 \text{ kN} \quad Mux_3 = 685,2 \text{ kN.m}$$

Kesimpulan:

Jika momen yang dihasilkan oleh analisis PCACol lebih besar daripada momen yang terjadi (M_u terbesar), maka perhitungan kebutuhan tulangan kolom memenuhi dalam artian kolom tidak mengalami keruntuhan.

- Cek Kapasitas Geser

Diperoleh hasil *output* program bantu ETABS 2013:

$$V_u = 236,04 \text{ kN}$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.1, kuat geser beton untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \\ &= \frac{(3 \times 132,73) \times 390 \times 834,5}{100} \\ &= 1295952 \text{ N} = 1295,952 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 900 \times 834,5 \\ &= 685611,7 \text{ N} = 685,6117 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_c + V_s \\ &= 685,6117 + 1295,952 \\ &= 1981563,33 \text{ N} = 1981,563 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,75 \times V_n \\ &= 0,75 \times 1981,563 \\ &= 1486,17 \text{ kN} \end{aligned}$$

Cek kemampuan geser penampang:

$$V_u < \phi V_n$$

$$236,04 \text{ kN} < 1486,17 \text{ kN} \dots \text{OK!}$$

4.8.3. Desain Tiang Pancang

Perencanaan pondasi merupakan perencanaan struktur bawah bangunan. Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Pondasi pada gedung ini dihitung sebagai acuan terhadap kondisi eksisting apakah masih mampu menahan beban setelah ekspansi lantai dengan baja. Pondasi tiang pancang menggunakan jenis *spun pile* produk dari PT. WIKA (Wijaya Karya) Beton.

- Spesifikasi Tiang Pancang
 Pada perencanaan pondasi gedung ini, digunakan pondasi tiang pancang jenis *spun pile* Produk dari PT. Wijaya Karya Beton.
 1. Tiang pancang beton pracetak (*precast concrete pile*) dengan bentuk penampang bulat.
 2. Mutu beton tiang pancang K-600 (*concrete cube compressive strength is 600 kg/cm²*).

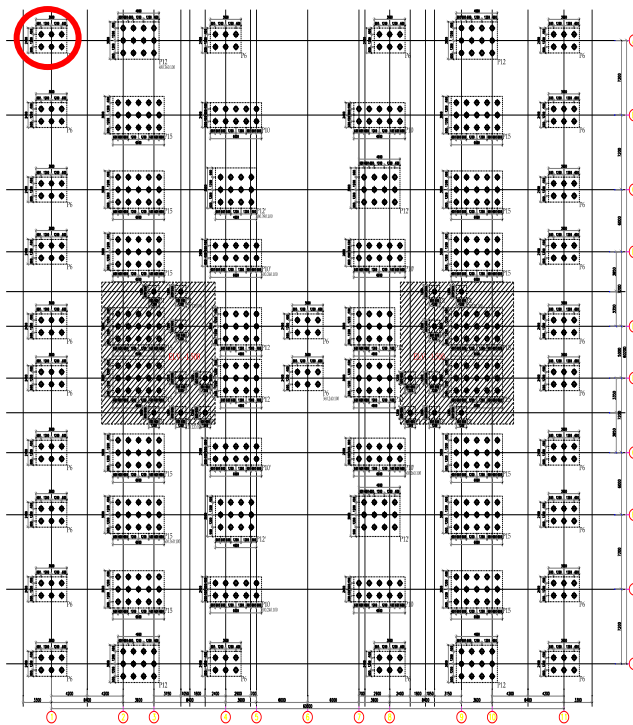
Berikut ini, spesifikasi tiang pancang yang digunakan :

- *Diameter outside (D)* : 500 mm
- *Thickness* : 90 mm
- *Kelas* : A1
- *Bending momen crack* : 10,5 tm
- *Bending momen ultimate* : 15,75 tm
- *Allowable axial* : 185,3 ton

Tabel 4. 13 Brosur Tiang Pancang WIK Beton

PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION										
Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm ²)										
Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack *	Ultimate			
						(ton.m)	(ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
500	90	1,159.25	255,324.30	290	C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
					A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
600	100	1,570.80	510,508.81	393	B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
					A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
					A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
					A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

- Desain Tiang Pancang Kolom
Desain tiang pancang kolom yang akan dianalisis adalah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.23.



Gambar 4. 23 Letak pondasi yang ditinjau

- Data Perencanaan

Data-data dalam perencanaan pondasi adalah :

- Kedalaman tiang pancang = 20 m
- Diameter tiang pancang, $d = 50$ cm
- Keliling tiang pancang(A_s) = $\pi \times d = 157,08$ cm
- Luas tiang pancang (A_p) = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times 50^2 = 1963,49 \text{ cm}^2$

Direncanakan poer dengan dimensi :

L = 3,6 m

B = 2,4 m

t = 1 m

Digunakan tiang pancang produksi WIKA kelas A1. Dengan tekanan ijin sebesar 185,3 Ton.

- **Beban Pada Tiang Pancang**

Dari hasil analisis struktur didapatkan gaya-gaya dalam yang bekerja pada pondasi seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4. 14 Reaksi Kolom

No.	Kombinasi	Gaya Dalam				
		P (kN)	F _x (kN)	F _y (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
1.	1D + 1L	3833,57	25,82	20,455	31,41	39,55
2.	1D+1L+Eq _x	4477,21	162,81	23,834	218,47	576,84
3.	1D+1L+Eq _y	4724,01	68,72	125,90	649,79	207,74

Pada perhitungan tiang pancang ini akan digunakan kombinasi terbesar dari beban tetap dan beban sementara. Berdasarkan hal tersebut maka digunakan kombinasi beban sementara sebagai acuan gaya dalam untuk desain pondasi. Oleh karena itu, didapat momen pada dasar poer, sebagai berikut:

$$M_{xo} = M_x + f_y \times t = 649,8 + (125,9 \times 1) = 776 \text{ kNm}$$

$$M_{yo} = M_y + f_x \times t = 576,8 + (162,8 \times 1) = 740 \text{ kNm}$$

Beban vertikal yang berkerja akibat pengaruh beban sementara dan beban sendiri poer sebagai berikut :

- Berat sendiri poer
 $3,6 \times 2,4 \times 1 \times 24 = 207 \text{ kN}$
- Beban aksial kolom
 Beban tetap, P $\underline{= 4724 \text{ kN}}$
 $\Sigma P \quad \quad \quad = 4931 \text{ kN}$

- **Daya Dukung Ijin Satu Tiang**

Daya dukung ijin satu tiang pancang dianalisis berdasarkan nilai N-SPT dari hasil SPT dengan menggunakan perumusan WIKA. Dari data SPT dengan kedalaman 19 m sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Data N-SPT

Lapisan tanah ke-i	Tebal lapisan (di)	Nilai N-SPT
	(m)	
1	2	10
2	3	13
3	5	13
4	10	43
Σdi	20	

Berdasarkan metode Mayerhoff

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{N_{av} \times A_s}{5} \right)$$

Dimana :

Q_u : Daya dukung ultimate tiang (ton)

Q_{ijin} : Daya dukung ijin tiang (ton)

Q_p : Daya dukung ujung tiang (ton)

Q_s : Daya dukung selimut tiang (ton)

N : Nilai SPT pada ujung tiang (blow/m)

N_{av} : Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang (blow/m)

A_p : Luas permukaan ujung tiang (m^2)

A_s : Luas selimut tiang (m^3)

Nilai SPT pada ujung tiang

$$N = 60 \text{ blow/m}$$

Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang

$$N_{av} = \frac{10+13+13,33+43}{4} = 19,83 \text{ blow/m}$$

Dengan menggunakan perumusan WIKA didapatkan daya dukung *ultimate* satu tiang pancang sebagai berikut :

$$Q_{ult} = 40A_p N_p + \frac{A_s N_{av}}{5}$$

$$= 40 \times 0,196 \times 43 + \frac{29,845 \times 19,83}{5} = 456,107 \text{ Ton}$$

$$Q_d = \frac{Q_{ult}}{SF} \rightarrow SF = 3$$

$$= \frac{456,107}{3} = 152 \text{ Ton}$$

Kekuatan bahan berdasarkan data tiang pancang milik PT.WIKA BETON untuk diameter 50 cm (kelas A1) diperoleh $\bar{P} = 185,3 \text{ Ton}$.

Berdasarkan hasil analisis kekuatan bahan dan kekuatan tanah diambil \bar{P} terkecil, yaitu = 152 Ton.

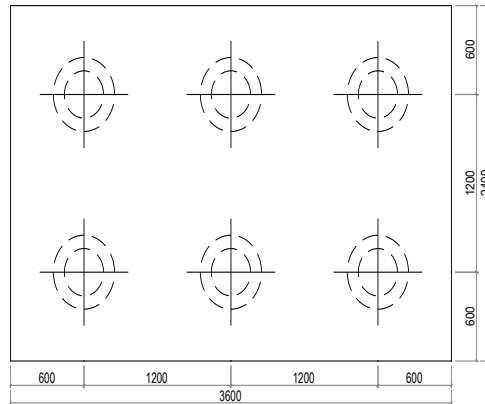
- **Tiang Pancang Kelompok**

Jumlah tiang pancang ditentukan dengan perumusan berikut:

$$n = \frac{\sum P}{\bar{P}}$$

$$= \frac{493,137}{152} = 3,24 \approx 6 \text{ buah}$$

Maka direncanakan dengan 6 pancang dengan letak tiang pancang pada poer diperlihatkan pada Gambar 4.24.



Gambar 4. 24 Posisi tiang pancang

Pada pondasi tiang grup/kelompok, terlebih dahulu dikoreksi dengan suatu faktor yaitu faktor efisiensi (η), yang dirumuskan pada persamaan di bawah ini :

$$QL (\text{group}) = QL(1 \text{ tiang}) \times n \times \eta$$

dan,

$$\eta = 1 - \tan^{-1} \frac{D}{S} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 m n} \right]$$

Dimana :

D = Diameter tiang pancang = 500 mm

S = Jarak antar tiang pancang = 1200 mm

m = Jumlah baris tiang pancang dalam grup = 2

n = Jumlah kolom tiang pancang dalam grup = 3

Efisiensi :

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \tan^{-1} \frac{500}{1200} \left[\frac{(3-1)2 + (2-1)3}{90 \times 2 \times 3} \right] \\ &= 0,707 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} Q_{ijin \text{ grup}} &= \eta \times Q_{ijin \text{ 1tiang}} \times n \\ &= 0,707 \times 152 \times 6 \\ &= 645 \text{ ton} > P_u = 472,4 \text{ Ton... OK!} \end{aligned}$$

- Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang (P_{\max})
Berdasarkan gambar posisi tiang pancang didapatkan jarak masing-masing tiang pancang terhadap titik berat poer, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.16.

Tabel 4. 16 Jarak Antar Tiang Ke Titik Pusat

Tiang	Sumbu (m)			
	x	x ²	y	y ²
P1	1,2	1,44	0,6	0,36
P2	0	0	0,6	0,36
P3	1,2	1,44	0,6	0,36
P4	1,2	1,44	0,6	0,36
P5	0	0	0,6	0,36
P6	1,2	1,44	0,6	0,36
Σ		5,76		2,16

Gaya yang dipikul oleh masing-masing tiang pancang ditentukan dengan perumusan berikut :

$$P_i = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_{x0} \times y_{\max}}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_{y0} \times x_{\max}}{\Sigma x^2}$$

$$P_{\max} = \frac{4931}{6} + \frac{775,69 \times 0,6}{2,16} + \frac{739,6 \times 1,2}{5,76} = 1191,5 \text{ kN}$$

$$P_{\min} = \frac{4931}{6} - \frac{775,69 \times 0,6}{2,16} - \frac{739,6 \times 1,2}{5,76} = 452,3 \text{ kN}$$

Maka, tekanan maksimum satu tiang pancang adalah 1191,5 kN.

- Kontrol Kekuatan Tiang
Sesuai dengan spesifikasi dari PT. WIKA BETON direncanakan tiang pancang beton dengan :
 - Diameter outside (D) : 500 mm
 - Thickness : 90 mm
 - Kelas : A1

- *Bending momen crack* : 10,5 tm
- *Bending momen ultimate* : 15,75 tm
- *Allowable axial* : 185,3 ton

Tiang pancang yang direncanakan dikontrol terhadap beberapa kriteria berikut ini :

a. Kontrol Terhadap Gaya Aksial

Tiang pancang yang direncanakan dengan diameter 50 cm type A1 sesuai dengan spesifikasi dari PT.WIKA BETON, gaya aksial tidak diperkenankan melebihi 185,3 Ton.

$$P_{\max} < P_{ijin}$$

$$119,15 \text{ Ton} < 185,3 \text{ Ton} \dots \text{OK!}$$

b. Kontrol Terhadap Gaya Lateral

Panjang jepitan kritis tanah terhadap tiang pondasi menurut metode Philipponat dimana kedalaman minimal tanah terhadap tiang pondasi didapat dari harga terbesar dari gaya-gaya berikut :

Monolayer : 3 meter atau 6 kali diameter

Multilayer : 1,5 meter atau 3 kali diameter

Perhitungan :

Tanah bersifat multi layer

L_e = panjang penjepitan

$$= 3 \times 0,5 \text{ m} = 1,5 \text{ m}$$

Dipakai $L_e = 1,5 \text{ m}$

$$M_y = L_e \times H_y$$

$$= 1,5 \text{ m} \times 125,9 \text{ kN} = 188,9 \text{ kNm}$$

$$M_y \text{ (satu tiang pancang)} = \frac{18,89}{6} = 3,148 \text{ Tm}$$

$$M_y < M_{\text{bendingcrack}} \text{ (dari Spesifikasi WIKA BETON)}$$

$$3,148 \text{ Tm} < 10,5 \text{ Tm} \dots \text{OK!}$$

$$M_x = L_e \times H_x$$

$$= 1,5 \times 162,81 \text{ kNm}$$

$$= 244,2 \text{ kNm}$$

$$M_x \text{ (satu tiang pancang)} = \frac{24,42}{6} = 4,07 \text{ Tm}$$

$$M_x < M_{\text{bendingcrack}} \text{ (dari Spesifikasi WIKA BETON)}$$

$$4,07 \text{ Tm} < 10,5 \text{ Tm... OK!}$$

- Kontrol Tebal Poer Kolom

Perencanaan tebal poer harus memenuhi suatu ketentuan bahwa kekuatan geser nominal harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi.

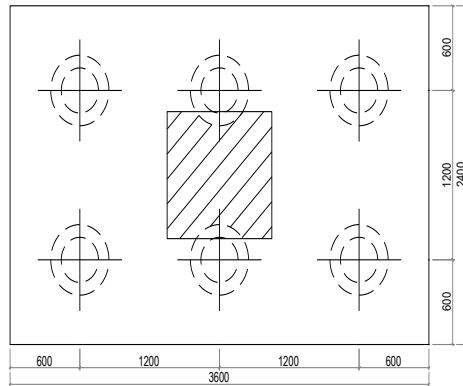
Data Perencanaan Poer :

- Dimensi Kolom = 900 x 900 mm
- Dimensi Poer = 3600 x 2400 x 1000 mm
- Selimut Beton = 90 mm
- Ø Tulangan = 22 mm
- Mutu Beton, ($f'c$) = 30 MPa
- Dimensi tiang pancang = 500 mm
- λ = 1 (Beton Normal)
- α_s = 20 (Kolom Eksterior Tepi)
- Rasio sisi panjang terhadap daerah reaksi, (β)

$$\beta = \frac{900}{900} = 1$$
- Tinggi Efektif Poer

$$d_x = 1000 \text{ mm} - 90 \text{ mm} - \frac{22 \text{ mm}}{2} = 899 \text{ mm}$$

$$d_y = 800 \text{ mm} - 70 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - \frac{25 \text{ mm}}{2} = 692,5 \text{ mm}$$
- Cek Geser Ponds 2 arah terhadap Kolom



Gambar 4. 25 Penampang Kritis Geser pada Pile Cap

Penampang kritis adalah pada daerah dibawah kolom oleh karena itu, Keliling penampang kritis (b_o) ditentukan dengan perumusan dibawah :

$$\begin{aligned}
 b_o &= \text{Keliling penampang kritis} \\
 &= 2 (b_{\text{kolom}} + d) + 2 (h_{\text{kolom}} + d) \\
 &= 2 (900 + 899) + 2 (900 + 899) = 7196 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari poin berikut :

- $$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 1 \times \sqrt{30} \times 7196 \times 899$$

$$V_c = 18070977,7 \text{ N} = 18070,98 \text{ kN}$$
- $$V_c = 0,083 \left(\frac{a_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{20 \times 899}{7196} + 2 \right) 1 \times \sqrt{30} \times 7196 \times 899$$

$$V_c = 13230246,72 \text{ N} = 13230,25 \text{ kN}$$
- $$V_c = 0,33 \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

$$V_c = 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \times 7196 \times 899$$

$$V_c = 11692986 \text{ N} = 11692,99 \text{ kN}$$

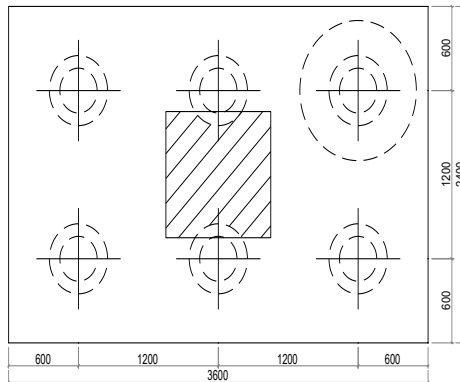
Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 11692,99 kN.

$$V_c > P_u \text{ kolom}$$

$$11692,99 \text{ kN} \geq 4724 \text{ kN} \dots \text{OK!}$$

Sehingga ketebalan dan ukuran pilecap memenuhi syarat terhadap geser ponds

- Cek Geser Ponds 2 arah terhadap Tiang



Gambar 4. 26 Penampang Kritis Geser pada Tiang Pancang

Penampang kritis adalah pada daerah tiang pancang oleh karena itu, Keliling penampang kritis (b_o) ditentukan dengan perumusan dibawah :

b_o = Keliling penampang kritis

$$= \pi \times (D + d/2) \times 2$$

$$= \pi \times (500 + 899/2) \times 2 = 4395,088 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, V_c ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari poin berikut:

$$a. V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \times \sqrt{f_{c'}} \times b_o \times d$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1 \times \sqrt{30} \times 4395,088 \times 899$$

$$V_c = 11037178,91 \text{ N} = 11037,18 \text{ kN}$$

$$b. V_c = 0,083 \left(\frac{a_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{20 \times 899}{4395,088} + 2\right) 1 \times \sqrt{30} \times 4395,088 \times 899$$

$$V_c = 10940814,18 \text{ N} = 10940,81 \text{ kN}$$

$$c. V_c = 0,33 \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

$$V_c = 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \times 4395,088 \times 899$$

$$V_c = 7141704 \text{ N} = 7141,7 \text{ kN}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 7141,7 kN = 714,17 ton

$$V_c \geq P_u \text{kolom}$$

$$714,17 \text{ Ton} \geq 152,04 \text{ Ton... OK!}$$

Sehingga ketebalan dan ukuran pilecap memenuhi syarat terhadap geser ponds

- Desain Penulangan Poer Kolom

Perencanaan Poer dirancang untuk meneruskan gaya dari struktur atas ke pondasi tiang pancang. Berdasarkan hal tersebut poer direncanakan harus memiliki kekuatan yang cukup terhadap lentur.

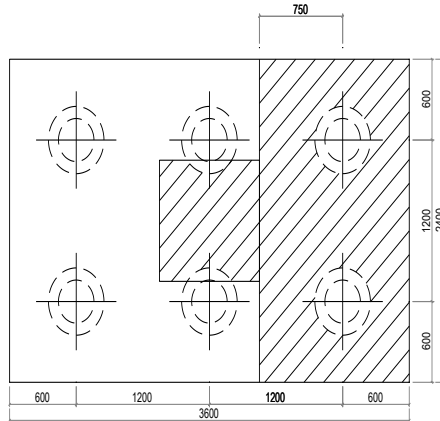
Data Perencanaan :

- Dimensi Poer, $B \times L$ = 3600 x 2400 mm
- Tebal Poer, t = 1000 mm
- Mutu Beton, (f_c') = 30 MPa
- Diameter Tul. Utama (\emptyset) = 22 mm
- Mutu Baja (f_y) = 390 MPa
- Elastisitas (E) = 200000 MPa
- Tebal Selimut Beton = 90 mm
- Tinggi efektif balok poer

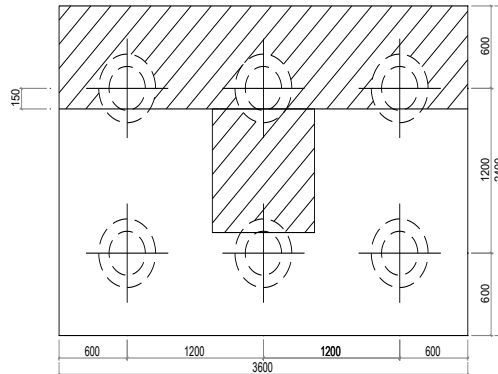
$$d_x = 1000 - 90 - \frac{22}{2} = 899 \text{ mm}$$

$$d_y = 1000 - 90 - 22 - \frac{22}{2} = 877 \text{ mm}$$

- Desain Penulangan Poer



Gambar 4. 27 Bidang Kritis pada Poer arah x



Gambar 4. 28 Bidang Kritis pada Poer arah y

Berat Poer arah x, $q_u = 3,6 \times 1 \times 2,4 = 8,64 \text{ Ton/m}$

Berat Poer arah y, $q_u = 2,4 \times 1 \times 2,4 = 5,76 \text{ Ton/m}$

$P_{t_x} = 2 \times P_{u \text{ maks}} = 2 \times 119,15 \text{ Ton} = 238,3 \text{ Ton}$

$P_{t_y} = 3 \times P_{u \text{ maks}} = 3 \times 119,15 \text{ Ton} = 357,4 \text{ Ton}$

Momen-momen yang bekerja ;

$$\begin{aligned} M_{u_x} &= (P_t \times e) - \left(\frac{1}{2} q_u e^2\right) \\ &= (238,3 \times 0,75) - \left(\frac{1}{2} 8,64 \times 0,75^2\right) \\ &= 176,3 \text{ Ton.m} = 1763 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{u_y} &= (P_t \times e) - \left(\frac{1}{2} q_u e^2\right) \\ &= (357,4 \times 0,15) - \left(\frac{1}{2} 5,76 \times 0,15^2\right) \\ &= 53,55 \text{ Ton.m} = 536 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- Tulangan Arah X

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{(1763 \times 1000000)}{0,9 \times 3600 \times 899^2} = 0,673 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,3$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 0,66}{390}} \right) \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

Cek syarat ρ_{min}

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,00359$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{30}}{390} = 0,00351$$

Cek rasio tulangan

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &< \rho \\ 0,00351 &> 0,002 \end{aligned}$$

Sehingga $\rho_{\text{pakai}} = 0,00359$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 0,00359 \times 3600 \times 899 = 11617,85 \text{ mm}^2$$

Diketahui tulangan lentur D 22,

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi (22)^2 = 380,1 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{3600 \times 380,1}{11617,85} = 117,8 \text{ mm}$$

Syarat ; $S < 3h$ atau 450 mm

$$S < 3 \times 1000 \text{ mm} = 3000 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai S yang terkecil, $S = 100 \text{ mm}$

$$A_{\text{pakai}} = \frac{3600 \text{ mm} \times 380,1 \text{ mm}^2}{100 \text{ mm}} = 13684,78 \text{ mm}^2$$

Cek; $A_{\text{perlu}} < A_{\text{pakai}}$

$$11617,85 \text{ mm}^2 < 13684,78 \text{ mm}^2 \dots \text{OK!}$$

Maka, digunakan tulangan D22 – 100 pada tulangan arah x.

- Tulangan Arah Y

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{(536 \times 1000000)}{0,9 \times 3600 \times 877^2} = 0,215 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,3$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 0,215}{390}} \right) \\ &= 0,0006 \end{aligned}$$

Cek syarat ρ_{min}

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,00359$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{30}}{390} = 0,00351$$

Cek rasio tulangan

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &< \rho \\ 0,00359 &> 0,0006 \end{aligned}$$

Sehingga $\rho_{\text{pakai}} = 0,00359$

$$A_{\text{perlu}} = 0,00359 \times 3600 \times 877 = 11333,54 \text{ mm}^2$$

Diketahui tulangan lentur D 22,

$$A_{22} = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi (22)^2 = 380,1 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{3600 \times 380,1}{11333,54} = 120,7 \text{ mm}$$

Syarat ; $S < 3h$ atau 450 mm

$$S < 3 \times 1000 \text{ mm} = 3000 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai S yang terkecil, $S = 100 \text{ mm}$

$$A_{\text{pakai}} = \frac{3600 \text{ mm} \times 380,1 \text{ mm}^2}{100 \text{ mm}} = 13684,78 \text{ mm}^2$$

Cek; $A_{\text{perlu}} < A_{\text{pakai}}$

$$11333,54 \text{ mm}^2 < 13684,78 \text{ mm}^2 \dots \text{OK!}$$

Maka, digunakan tulangan D22 – 100 pada tulangan arah y.

Dari perhitungan diatas, maka kondisi eksisting poer dan tiang pancang masih mampu menahan beban-beban setelah adanya ekspansi lantai dengan baja.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

- Dari perhitungan pada struktur sekunder didapatkan:
 - Pelat lantai menggunakan bondek SUPER FLOOR DECK dengan $t = 0,75$ mm dan tulangan menggunakan *wiremesh*, dengan tebal pelat beton:
 - Lantai Atap, $t = 90$ mm
 - Lantai, $t = 120$ mm
 - Balok Anak:
 - BA-1 : WF 350 x 250 x 9 x 14
 - BA-2 : WF 300 x 200 x 8 x 12
 - Balok *Lift* : WF 300 x 200 x 8 x 12
 - Tangga:
 - Pelat Anak Tangga = $t = 4$ mm
 - Pengaku Anak Tangga = Siku L 50 x 50 x 5
 - Pelat Bordes = $t = 7$ mm
 - Balok Bordes = WF 100 x 50 x 5 x 7
 - Balok Utama Tangga = WF 250 x 125 x 6 x 9
 - Balok Penumpu Tangga = WF 250 x 125 x 6 x 9
- Dari pemodelan analisis struktur menggunakan program bantu ETABS 2013, dengan 4 kontrol desain antara lain:
 - Kontrol Partisipasi Massa
 - Kontrol Waktu Getar Alami
 - Kontrol Gaya Geser Dasar
 - Kontrol SimpanganSemua kontrol desain telah memenuhi syarat sesuai dengan peraturan yang ada
- Dari perhitungan pada struktur primer didapatkan:
 - Balok Induk : WF 600 x 300 x 12 x 20
 - Kolom : WF 400 x 400 x 20 x 35

- *Link* :
 - Profil : WF 600 x 300 x 12 x 20
 - Panjang *Link* : 100 cm
 - Jarak Antar Pengaku : 25 cm
- Bresing:
 - Memanjang : WF 350 x 350 x 12 x 19
 - Melintang : WF 350 x 350 x 12 x 19
- Perencanaan sambungan di desain menggunakan kombinasi *ultimate*. Dalam perencanaan ini, sambungan yang digunakan adalah sambungan las dan baut.
- Penampang beton eksisting yang meliputi:
 - Kolom
 - Balok
 - Pondasi

Masih bisa menerima beban-beban diatasnya setelah adanya eksisting lantai baja.
- Hasil dari perencanaan struktur kemudian disajikan pada lampiran gambar berupa gambar teknik.

5.2. Saran

Sebaiknya dilakukan studi yang mempelajari tentang perencanaan struktur bresing eksentrik dan ekspansi lantai lebih lanjut terhadap standard yang telah ditetapkan baik SNI maupun AISC. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi sesungguhnya di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- ANSI/AISC 341-10. (2010). *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*. America: American Institute of Steel Construction.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. (1983). *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Gunawan, R., & Morisco. (1988). *Tabel Profil Konstruksi Baja*. Yogyakarta: Kanisius. 68 Hal.
- McCormac, J. (2006). *Desain Beton Bertulang (Jilid 2)*. Jakarta: Erlangga. 368 Hal.
- Popov, E. P., & Engelhardt, M. D. (1988). Seismic Eccentrically Braced Frames. *Journal Construction Steel Research* 10, 321-354.
- SNI 1726:2012. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 1729:2015. (2015). *Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 2847:2013. (2013). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 7860:2015. (2015). *Ketentuan Seismik untuk Struktur Baja Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

- Standar Nasional Indonesia. (2002). *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Standar Nasional Indonesia. (2013). *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Tavio, & Kusuma, B. (2009). *Desain Sistem Rangka Pemikul Momen Dan Dinding Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya: ITS Press. 141 Hal

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Lampiran Berita Acara
Lampiran 2	Lampiran Lembar Asistensi
Lampiran 3	Data Tanah
Lampiran 4	Brosur Bondek
Lampiran 5	Brosur Wiremesh
Lampiran 6	Brosur Lift
Lampiran 7	Brosur Pondasi
Lampiran 8	Gambar Perencanaan

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSP – ITS

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
SEMINAR DAN LISAN
TUGAS AKHIR**

Pada hari ini Rabu tanggal 12 Juli 2017 jam 13.00 WIB telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil FTSP-ITS bagi mahasiswa:

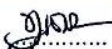

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
3115105051	Ahmad Fatihuddin Afif	Desain Modifikasi Struktur Gedung Pusat Penelitian Dan Pendidikan Dokter Gigi Universitas Brawijaya Malang Dengan Penambahan Lantai Menggunakan Sistem Rangka Browsing Eksentris

Dengan Hasil :

<input type="checkbox"/> Lulus Tanpa Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
<input checked="" type="checkbox"/> Lulus Dengan Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Lisan

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

- Hal 72 berat profil kalak / cos α , Hal 119 diambil pelat yang terkecil, menghitung jumlah baut di atas lagi. Perhitungan poernya diperbaiki
- Tulisan Jurusan diganti Departemen Teknik Sipil
 - Hal 81 tulisan/gambar tidak jelas dan tabel tidak terpotong
 - Hal 98 kolom WF 400x400x20x35 dicek lagi

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Budi Suswanto, ST. MT. PhD	
Ir. Isdarmanu, MSc	

Surabaya, 12 Juli 2017
Dosen Pembimbing I
(Ketua)


Ir. Heppy Kristijanto, MS

Dosen Pembimbing 2
(Sekretaris)


Prof. Tawo, ST. MT. PhD

Dosen Pembimbing 3
(Sekretaris)



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)
Jurusan Teknik Sipil Itz2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax:031-5947284



NAMA PEMBIMBING	Ir. Heppy Kristijanto, MS
NAMA MAHASISWA	Ahmad Fathuluddin Apri
NRP	3115105051
JUDUL TUGAS AKHIR	Desain Modifikasi Struktur Gedung Pusat Penelitian Dan Pendidikan Dokter Gigi Universitas Brawijaya Malang Dengan penambahan Lantai Menggunakan Sistem Rangka Boring Ekstensi
TANGGAL PROPOSAL	23 Januari 2017
NO. SP-MMTA	014609/IT2.VI.4-1/PP.06.01.00/2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	15 MARET 2017	<ul style="list-style-type: none"> - Pelat Lantai - Pelat Lantai dekat lift, diperbolehkan memiliki bantek, tidak mempengaruhi ratio (d_u/d_f) - Shear connector diperbolehkan pada bantek 		
2.	5 APRIL 2017	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk pelat Beton, perlu dicek jarak pada partisi kolom terakstur - Balok anak, jangan dibuat terlalu besar berat propinya, lebih baik pilih yang langsung 	<ul style="list-style-type: none"> - Perbaiki profil balok, diperbaiki pada berat profil, E_x, I_x 	
3.	27 APRIL 2017	<ul style="list-style-type: none"> - Partisi tangga - Pelat tangga, silu, balok utama tangga 	<ul style="list-style-type: none"> - Meru untuk bantek tidak terlalu pengaruh, langsung inputkan saja 	
4.	12 MEI 2017	<ul style="list-style-type: none"> - Pemodelan Struktur di program bantu - Periode dan simpangan masih belum memenuhi - Pemodelan dijadikan satu (beton + baja) 	<ul style="list-style-type: none"> - Per penambahan 1 lantai di rum untuk simpangan & periode nya 	
5.	26 MEI 2017	<ul style="list-style-type: none"> - Output pemodelan struktur - Partisi struktur primer : <ul style="list-style-type: none"> - Balok induk - Balok warlink - Link - Kolom - Boring 	<ul style="list-style-type: none"> - Cocok kolom beton paling bawah dan pondasi - Untuk Boring dilewati peneroban dahulu 	



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI 5-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. Heppy Kristijanto, MS
NAMA MAHASISWA	: Ahmad Fathuddin Apif
NRP	: 3115105051
JUDUL TUGAS AKHIR	: Desain Modifikasi struktur Gedung Pusat Penelitian Dan Pendidikan Doktor Gali Universitas Brawijaya Malang Dengan Penambahan Lantai Menggunakan Sistem Rangka Bering Eksenris
TANGGAL PROPOSAL	: 25 Januari 2017
NO.SP-MMTA	: 014007 / 152.VI.A.1 / PR.05.01.00 / 2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
6.	8-6-2017		<ul style="list-style-type: none"> - Plat beton tidak perlu dihitung - Lanjut ke perhitungan balok + sambungan - Pondasi sebaiknya tepat pada tanah keras - Gambar - Gambar pondasi 	<div>fu</div> <div>7/2</div>
7.	15-6-2017	<ul style="list-style-type: none"> - Draft Tugas Akhir - Perhitungan pondasi 		



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax:031-5947284



NAMA PEMBIMBING	Prof. Tawio, ST. MT. Ph.D.
NAMA MAHASISWA	Ahmad Fatmawati Apip
NRP	3115105051
JUDUL TUGAS AKHIR	Desain Modifikasi Struktur Gedung Pusat Penelitian Dan Pendidikan Dokter Gigi Universitas Brawijaya Malang Dengan Penambahan Lantai Menggunakan Sistem Rangka Bicing Ekseutis
TANGGAL PROPOSAL	23 Januari 2017
NO. SP-MMTA	014607 / IT2. VI. 4.1 / PP. 05.02.00 / 2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	9-5-2017	<ul style="list-style-type: none"> - Pelat Lantai - Sebelumnya untuk ruangan memakai ruangan kelas. - Untuk pelat lantai dibuat 1/12, dicat dahulu (rasio l_x/l_y) untuk penentuan penempatan kuda-kuda 		
2.	30-3-2017	<ul style="list-style-type: none"> - Pelat Lantai - Menggunakan pelat komposit dan wiremesh - Bangunan dicat dengan dilatasi atas tidak (dicat konkrit n=14 pada output program bantu) - Masalah berat badan atau ketidak beraturan bangunan tidak perlu dipemasalahkan 	<ul style="list-style-type: none"> - Cek Output program bantu untuk penentuan penempatan kuda-kuda pada bangunan. 	
3.	15-4-2017	<ul style="list-style-type: none"> - Lokasi pusat massa dan pusat rotasi di cek - eksentrisitas tak terduga (SNI 1726: 2012) dihitung - Persyaratan torsi dengan (SNI 1718: 2012) 		
4.	29-4-2017	<ul style="list-style-type: none"> - Cek eksentrisitas dan torsi sudah memenuhi 	<ul style="list-style-type: none"> - lanjut ke perhitungan baja - cek kondisi rangkaiannya dan penempatan baja 	
5.	18-5-2017	<ul style="list-style-type: none"> - Pemodelan Struktur Beton + Baja - Simulasi masih belum memenuhi 	<ul style="list-style-type: none"> - Memakai Faktor reduksi sebesar 0,7 (untuk balok dan kolom) dan pelat tidak perlu direduksi - lanjut ke perhitungan baja 	



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04

rev01

NAMA PEMBIMBING	: Prof. Tawo, ST. MT. Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Ahmad Fatihuddin Afif
NRP	: 3115105051
JUDUL TUGAS AKHIR	: Desain Modifikasi Struktur Gedung Pusat Penelitian Dan Pendidikan Dokter Gigi Universitas Brawijaya Malang Dengan Penambahan Lantai Menggunakan Sistem Rangka Boring Eksteris
TANGGAL PROPOSAL	: 23 Januari 2017
NO.SP-MMTA	: 014607 / IT2.VI.A.1 / PP.05.02.00 / 2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
6.	7-6-2017	<ul style="list-style-type: none"> - Cek Kapasitas Balok Beton - Cek Kapasitas kolom Beton 	<ul style="list-style-type: none"> - Kolom harus buat diagram interaksi - Untuk tiang pancang, bisa langsung di kontrol, bisa dihitung dari awal - Plat lantai bisa dikontrol dari etasiting 	



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Sepuluh Nopember Surabaya
Telp. (031) 560051 - 52 Fax. 1140

Telp/fax. (031) 5520551 e-mail: tanah_ba@gmail.com

DRILLING LOG

ALIAN	= PT. ABH PERSARA PROPERTI	TIPS BOR	= ROTARY DRILLING	Remarks
NAMA PROYEK	= TAMAN MELATI BENDYO - MALANG	TANGGAL MULAI	= 07 December 2013	UD = Undrained Sample
TITIK BOR	= BB-1	TANGGAL SELESAI	= 09 December 2013	CS = Clay Sample
DETA AIR TANAH		MASTER BOR	= SAMPEL	SPT = SPT Test
LOKASI PROYEK	= JL. MT. BAYUNG, BENDYO - MALANG			

Scale in m	Elevation (1.50) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	ED / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test					N - Value
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	No. Value Blows 30 cm	Blows per each 15 cm				
														0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	45-60 cm	
0.00	0.00				START OF BORING													
1.00	-1.00				LEMPUNG BERLEPAS	COBALT TUM	STOP	SPT = 10				-2.00	2 SPT 1	10	2	4	8	10
2.00	-2.00											-2.50						
3.00	-3.00				LEMPUNG LUNYU BERLEPAS		STOP	SPT = 10				-4.00	2 SPT 2	10	4	6	7	10
4.00	-4.00											-4.50						
5.00	-5.00								-4.80	NO 01		-5.00	2 SPT 3	10	6	6	11	10
6.00	-6.00								-5.00			-5.50						
7.00	-7.00											-5.50						
8.00	-8.00				LEPAS PASIR BERLEPAS		STOP TO VERY STOP	SPT 12-10-10				-5.80	2 SPT 4	8	8	5	4	9
9.00	-9.00											-6.00						
10.00	-10.00								-10.00	NO 02		-10.00	2 SPT 5	10	4	5	1	12
11.00	-11.00								-10.00			-10.50						
12.00	-12.00											-12.00	2 SPT 6	2-30	10	20	30	50
13.00	-13.00											-12.50						
14.00	-14.00											-14.00	2 SPT 7	20	5	9	16	22
15.00	-15.00				LEPAS PASIR		HARD		-13.50	NO 03		-14.00						
16.00	-16.00								-13.50			-16.00	2 SPT 8	2-30	30	30-1		50
17.00	-17.00											-16.50						
18.00	-18.00											-18.00	2 SPT 9	3-30	40-10			50
19.00	-19.00											-18.50						
20.00	-20.00				LEPAS PASIR BERLEPAS		VERY STOP TO HARD		-20.00	NO 04		-20.00	2 SPT 10	2-30	50-12			50
21.00	-21.00								-20.00			-20.50						

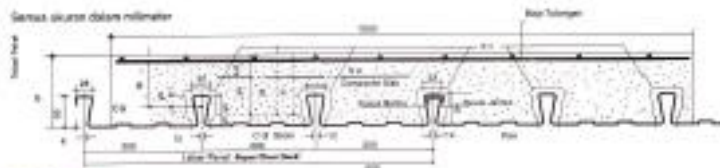
Super Floor Deck[®]



Super Floor Deck®



PERENCANAAN: Plat Lantai Komposit



Tabel Perencanaan Praktis

Tabel Perencanaan Praktis berikut ini bisa membantu dalam perencanaan penggunaan **Super Floor Deck®** untuk suatu bangunan antara lain:

- Menunjukkan tabel plat beton untuk bentang tunggal, bentang ganda, dan bentang menerus.
- Kebutuhan tulangan negatif, serta penempatan luas penampangnya, pada bentang ganda atau bentang menerus.
- Ketebalan plat beton pada bentang tertentu, serta berbagai beban (Super Imposed Load).
- Tinggi penyangga sementara yang dibutuhkan untuk melakukan landasan awal pada waktu beton dari **Super Floor Deck®** belum berfungsi.

TABEL 1 : SIFAT PENAMPAK **Super Floor Deck®** PERLEBAR 1000 MM

Tebal Plat	Beban per satuan luas	Luas penampang	Peramping efektif per unit	Momen lentur positif			Momen lentur negatif			Is	Batas-batas awal untuk perhitungan taji			Kapasitas awal untuk perhitungan taji		
				11	12	13	14	15	16		17	18	19	20	21	22
mm	kg/m ²	mm ²	mm	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	cm ⁴	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
6.50	12.7	28.7	28.4	18.2	9.8	12.5	22.4	9.80	12.5	4.88	0.10	0.10	0.10	0.10	1.1	11.15

11 = momen lentur positif untuk bentang tunggal

12 = momen lentur positif untuk bentang ganda

13 = momen lentur positif untuk bentang menerus

14 = momen lentur negatif untuk bentang tunggal

15 = momen lentur negatif untuk bentang ganda

16 = momen lentur negatif untuk bentang menerus

17 = momen lentur positif untuk bentang tunggal

18 = momen lentur positif untuk bentang ganda

19 = momen lentur positif untuk bentang menerus

20 = momen lentur negatif untuk bentang tunggal

21 = momen lentur negatif untuk bentang ganda

22 = momen lentur negatif untuk bentang menerus

TABEL 2 : TABEL PERENCANAAN PRAKTIK

Super Floor Deck® Sifat mekanis per satuan luas (kg/cm ²)	MOMEN LENTUR POSITIF (kg/cm ²)										MOMEN LENTUR NEGATIF (kg/cm ²)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
100	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00
200	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00
300	3.00	6.00	9.00	12.00	15.00	18.00	21.00	24.00	27.00	30.00	3.00	6.00	9.00	12.00	15.00	18.00	21.00	24.00	27.00	30.00
400	4.00	8.00	12.00	16.00	20.00	24.00	28.00	32.00	36.00	40.00	4.00	8.00	12.00	16.00	20.00	24.00	28.00	32.00	36.00	40.00
500	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00
600	6.00	12.00	18.00	24.00	30.00	36.00	42.00	48.00	54.00	60.00	6.00	12.00	18.00	24.00	30.00	36.00	42.00	48.00	54.00	60.00
700	7.00	14.00	21.00	28.00	35.00	42.00	49.00	56.00	63.00	70.00	7.00	14.00	21.00	28.00	35.00	42.00	49.00	56.00	63.00	70.00
800	8.00	16.00	24.00	32.00	40.00	48.00	56.00	64.00	72.00	80.00	8.00	16.00	24.00	32.00	40.00	48.00	56.00	64.00	72.00	80.00
900	9.00	18.00	27.00	36.00	45.00	54.00	63.00	72.00	81.00	90.00	9.00	18.00	27.00	36.00	45.00	54.00	63.00	72.00	81.00	90.00
1000	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00

CATATAN : - GEDAH MATI BENTANG SEMPIT **Super Floor Deck®** DAN PELAT BETON SUDAH DIPERHATIKAN
- GEDAH BERGAMBAR DAN TABEL, AMANAH JUMLAH GEDAH HOPUP DAN BERANALISA PERHATIKAN
- BUTIRAN TULANGAN U-45

CARA PEMASANGAN

Lembaran **Super Floor Deck** diletakkan diatas balok-balok pemikul (beam), baik diatas konstruksi beton maupun pada konstruksi baja, kemudian segera dimatikan/dipakukan atau di-las, jika perletakan di atas konstruksi baja. Hal tersebut untuk menghindari dari geseran perletakan lembaran **Super Floor Deck** pada kedudukannya. Cara perletakan **Super Floor Deck** pada umumnya minimum 5 cm dari bibir balok pemikul. Untuk sambungan arah memanjang, jarak perletakan **Super Floor Deck** satu dengan lainnya disusahakan seminimal mungkin. Usahakan perletakan lembaran **Super Floor Deck** bisa menutup dua atau tiga bentangan balok pemikul (continuous span), agar lebih praktis dan menghemat waktu baik dalam pemasangan maupun dalam pengangkutan. Lembaran **Super Floor Deck** pada waktu beton masih basah berfungsi sebagai bekisting dan merupakan lantai kerja paling aman bagi pekerja lainnya. Tapi hindarkan terjadinya pemusatan beban diatas lembaran **Super Floor Deck** yang belum berfungsi tersebut. Disarankan, gunakanlah papan blok kayu untuk bekisting jalan para pekerja.

CARA PEMASANGAN PADA KONSTRUKSI BAJA

Setelah konstruksi baja selesai dipasang dan balok-balok (beam) nya sudah dilot water pass, lembaran **Super Floor Deck** segera dipasang. Biasanya pada konstruksi baja pemasangan **Super Floor Deck** dengan cara bentang menelus, kemudian dimatikan dengan las titik atau paku tembok.

Syarat-syarat cara pengikutan

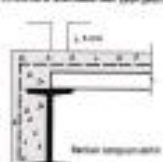
1. Dengan cara pengelasan

Pada bagian ujung **Super Floor Deck** dan dibawah kaki rusuk dlas dengan las cantum berdiameter 1 cm. Pada balok pemikul tengah, lembaran dlas pada bagian rata kaki rusuk bering disetiap lembaran **Super Floor Deck**. Mutu kawat las yang digunakan berkuntn 3,25 mm, dengan baja celup AC/DC bertututinggi.

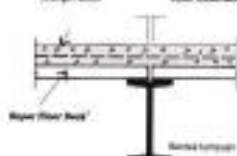
2. Dengan cara paku tembok

Bisa dengan paku keling biasa atau paku tembok. Bisa juga menggunakan paku berdiameter 4 mm. Kalau balok pemikul baja (beam) diperhitungkan sebagai balok T komposit, maka bisa digunakan paku berdiameter 10- 16 mm dlas ke balok baja pemikul dan berfungsi sebagai penahan geser.

Perbaikan detail pada tepi panel



Tutupan kejut



Detail sambungan kontinu-memanjang



Tertutupi rapat pengalihan beban



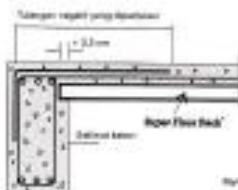
CARA PEMASANGAN PADA KONSTRUKSI BETON

Memasang lembaran **Super Floor Deck** diatas konstruksi beton pada umumnya dipasang sebagai bentang tunggal karena pengecoran balok dan lantai bersamaan, yaitu untuk menghemat waktu pekerjaan cor dan upaya menghasilkan balok T sesuai perencanaan.

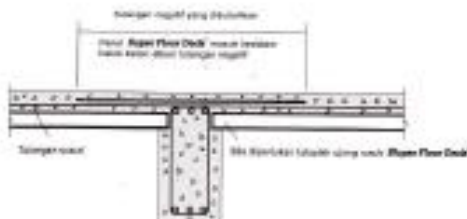
Syarat-syarat cara pengikutan

1. Lembaran **Super Floor Deck** dipasang diantara dua balok pemikul sebagai bentang tunggal. Ada dua cara pemasangan, yaitu lembaran **Super Floor Deck** dimatikan pada balok pemikul yang sudah dicor atau diletakkan di atas papan bekisting balok pemikul/dinding dengan jarak 2,5 cm dari sisi balok, sebelum balok/dinding dicor.

2. Lembaran **Super Floor Deck** dipasang di atas beberapa balok pemikul sebagai bentang menelus. Pada waktu pengecoran balok-balok pemikul, siapkan angkur-angkur atau sengkang besi yang akan ditanam ke dalam coran beton tadi. **Super Floor Deck** diletakkan setelah diubengi sesuai dengan jarak angkur-angkur atau sengkang besi tersebut. Setelah angkur-angkur/sengkang besi dibengkokkan, selanjutnya pengecoran dilaksanakan.



Detail sambungan kontinu-memanjang



TIANG PENYANGGA SEMENTARA

Sebelum **Super Floor Deck** diisi dengan adukan beton, terlebih dahulu disangga oleh tiang penyangga sementara, terbuat dari kayu, dolken atau papan, terutama untuk bentang besar. Hal ini untuk menghindari lendutan akibat pembebanan sementara. **Super Floor Deck** belum berfungsi. Biasanya tiang penyangga sementara ini dilepas setelah beton berumur 7 sampai 14 hari.

PENAHAN GESER

Penahan geser dibutuhkan untuk ikatan antara lantai beton dengan balok pemikul dibawahnya. Terbuat dari besi beton dengan diameter antara 10 sampai 16 mm. Ada juga yang dibuat sekrup khusus. Tinggi maksimum di bawah permukaan akhir plat beton 2 cm. Adapun jaraknya harus dihitung berdasarkan diagram gaya lintang balok.



TULANGAN SUSUT

Diperlukan mekalis Tulangan Susut yang berfungsi selain untuk mengatasi keretakan lantai beton akibat perubahan temperatur dan juga menyebarkan pembebanan. Untuk plat tebal antara 9-12 cm, bisa digunakan jaring kawat berdiameter 5 mm dan 6 mm untuk tebal antara 13-16 cm.

SYARAT-SYARAT MUTU BETON

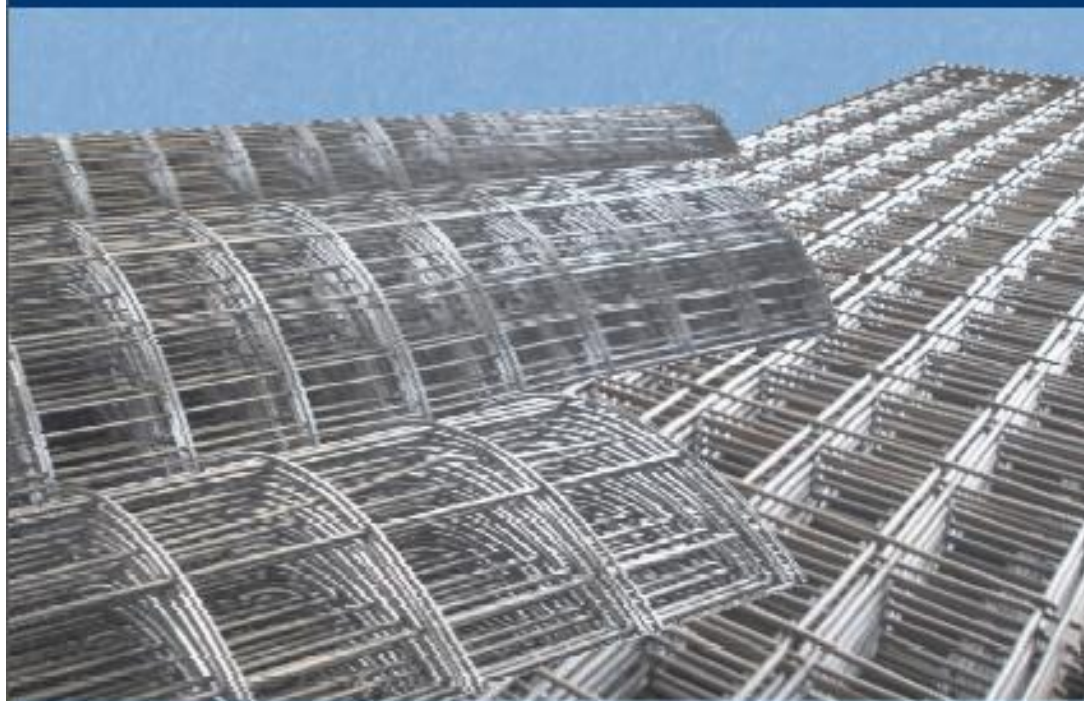
Diperlukan kekuatan tekukan karakteristik minimum 200 kg/Cm² (K-200) dan harus tercapai setelah beton berumur 28 hari dan harus memenuhi syarat-syarat PSI 1971 (A - 2).

PEKERJAAN LANGIT-LANGIT

Langit-langit yang menggantung bisa dibuat penggantung dari kawat baja yang di tanam ke dalam plat beton sebelum di-cast. Atau pada alur gelombang **Super Floor Deck** dipasang rusuk dari kayu dan berfungsi sebagai pengikat. Penyempitan dengan bahan plesteran seperti gips, vernikuit, bisa langsung disempitkan ke permukaan bagian bawah **Super Floor Deck**.



UNION WIRE MESH[®]



PT. UNION METAL

A UNION SAMPOERNA CO.

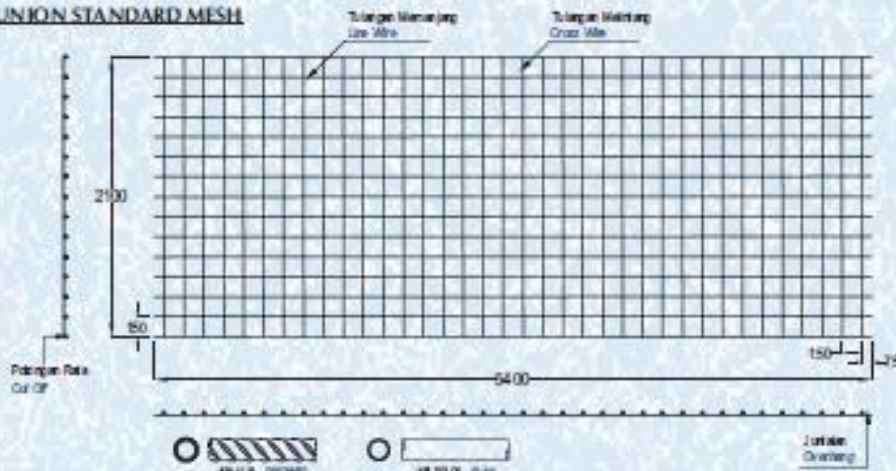
INFORMASI PRODUK

PRODUCT INFORMATION

Union Wire Mesh adalah jaring baja tulangan bermutu tinggi yang mempunyai tegangan leleh konsististik 5.000 kg/cm² yang diuji secara elektronik menggunakan box tarik untuk mendapatkan tegangan geser berkualitas tinggi sebesar 2.500 kg/cm² di setiap titik pertemuan kawatnya.

Union Wire Mesh is made from high tensile reinforcing wire rod having characteristic yield strength of 5,000 kg/cm² and it is electronically welded to obtain high quality shearing strength of 2,500 kg/cm² at each welded point.

UNION STANDARD MESH



BERAT PER LEMBAR

TYPE	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M12	M16
DIAMETER (mm)	4	5	6	7	8	9	10	12	16
BERAT PER LEMBAR (kg)	15,45	24,14	34,76	47,31	61,79	78,21	96,55	139,03	247,17

MASS PER SHEET

Spesifikasi

Diameter JKS Union : 4 mm sampai 16 mm
Standar Bahan : SNI 07-0963-1995
Tegangan Leleh Konsististik : 5.000 kg/cm², mutu U-B-0
Tegangan Geser Kompuh Lasi : 2.500 kg/cm²
Bentuk Permukaan Kawat : Polos dan Ulfir
Spesi Standar : 150 mm x 150 mm (Type M)
100 mm x 200 mm (Type B)
Ukuran Standar : Lembar : 5,4 m x 2,1 m (M4 - M16)
Roll : 54 m x 2,1 m (M4 - M6)

Specification

Diameter of Union Mesh : 4 mm up to 16 mm
Material Standard : SNI 07-0963-1995
Characteristic Yield Strength : 5,000 kg/cm², grade U-B-0
Welding Shear Strength : 2,500 kg/cm²
Types of Bar Surfaces : Plain and Deformed
Standard Spacing : 150 mm x 150 mm (M Type)
100 mm x 200 mm (B Type)
Standard Sizes : Sheet : 5.4 m x 2.1 m (M4 - M16)
Roll : 54 m x 2.1 m (M4 - M6)

Produksi Union Wire Mesh

Dengan dukungan dari mesin pembentuk JKS kami yang modern dan menggunakan teknologi komputer, kami terbukti berkemampuan untuk memproduksi ukuran JKS yang bervariasi dengan hasil pengalasan sempurna sampai dengan diameter 16 mm.

- Jenis spesi : 50 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm, dan 300 mm
- Jarak antar kawat melintang minimum 1.200 mm baik sisi atasnya
- Jenis spesi kawat melintang minimum 50 mm sesuai dengan diameter
- Jika tulangan ukuran spesi diproses, idealnya berupa elemen kami siap untuk membantu mendesain yang terbaik dan paling efisien
- Untuk M12 sampai dengan M16, hasil produksi dengan kami

Union Wire Mesh Production

By means of our modern and computerized wire mesh welding machines, we have proven capability to produce various sizes of mesh with perfect welding results up to diameter 16 mm.

- Spacing : 50 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm and 300 mm
- Wire wire overhang maximum 1,200 mm both sides
- Cross wire spacing minimum 50 mm up to 16 mm diameter
- If special sizes of reinforcement are required, our experienced technical staffs are ready to assist for designing the best and most efficient ones
- For M12 to M16, please consult with us

Penggunaan

1. Lantai beton : pabrik, gudang, gedung bertingkat, parkir, dll
2. Dinding beton : gedung bertingkat, perumahan, penyekeluan, dll
3. Jalusi beton, konstruksi dakar ayam, bencaan, paku, dll
4. Saluran air, saluran drainase, lanjoang
5. Kusen, kolom dan balok prakalasan untuk perumahan
6. Dinding pemukiman, dinding pemukiman di dalam gedung
7. Pagar, tembok, kandang hewan

Applications

1. Concrete floor : factory, warehouse, high rise building, car park, etc
2. Concrete wall : high rise building, houses, room divider, etc
3. Rigid pavement, strip footing construction, landing strip
4. Impervious drainage open channels, gutter, etc
5. Non structural columns and beam reinforcement for houses
6. Retaining wall, structural wall inside the building
7. Fence, railings, cages

PERENCANAAN & DESAIN

PLANNING & DESIGN

Perhitungan Konversi

Mengkonversi luas beton (U-24)
dengan JKSJL Union (U-50)

Rumus :

$$\text{Luas JKSJL Union (U-50)} = \text{Luas tulangan beton (U-24)} \times \frac{\text{Tulangan beton U-24}}{\text{Tulangan beton U-50}}$$

Contoh :

Diketahui : Tulangan U-24
Diameter = 10 mm
Jarak spasi = 150 mm
Luas tulangan = 5,24 cm²/m

$$\text{Luas JKSJL Union} = 5,24 \text{ cm}^2/\text{m} \times \frac{2.400 \text{ kg/cm}^2}{5.000 \text{ kg/cm}^2} \\ = 2,515 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Dari Tabel diperoleh : JKSJL Union
Diameter 7 mm dengan spasi 150 mm
Luas 2,57 cm²/m

Conversion Calculation

Substituting union wire mesh (U-50)
for ordinary reinforcement (U-24)

Formula :

$$\text{Union Wire Mesh area (U-50)} = \text{Mild Steel bar area (U-24)} \times \frac{\text{Yield stress U-24}}{\text{Yield stress U-50}}$$

Example :

Given : Mild Steel bar U-24
Diameter = 10 mm
Spacing = 150 mm
Cross sectional area = 5,24 cm²/m

$$\text{Union Wire Mesh area} = 5,24 \text{ cm}^2/\text{m} \times \frac{2.400 \text{ kg/cm}^2}{5.000 \text{ kg/cm}^2} \\ = 2,515 \text{ cm}^2/\text{m}$$

From the Table is obtained : Union Wire Mesh
Diameter 7 mm with 150 mm spacing
Area 2,57 cm²/m

TABEL LUKAS PENAMPANG KAWAT

WIRE AREA TABLE

Diameter Kawat Ø Wire Diameter (mm)	Luas Kawat Ø Wire Area (cm ²)	Jumlah Luas Penampang Kawat (cm ² /m) Menurut Spacing Setiap Arah Total Wire Area (cm ² /m) According to Spacing Each Direction															
		Spasi / Spacing (mm)															
		30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
4.0	0.13	2.51	2.28	2.05	1.82	1.59	1.36	1.13	0.90	0.67	0.44	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.5	0.16	3.16	2.83	2.50	2.17	1.84	1.51	1.18	0.85	0.52	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.0	0.19	3.80	3.40	3.00	2.60	2.20	1.80	1.40	1.00	0.60	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.5	0.23	4.43	4.00	3.57	3.14	2.71	2.28	1.85	1.42	0.99	0.56	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.0	0.28	5.06	4.60	4.14	3.68	3.22	2.76	2.30	1.84	1.38	0.92	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.5	0.32	5.69	5.20	4.72	4.24	3.76	3.28	2.80	2.32	1.84	1.36	0.88	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00
7.0	0.38	6.32	5.80	5.29	4.78	4.27	3.76	3.25	2.74	2.23	1.72	1.21	0.70	0.19	0.00	0.00	0.00
7.5	0.44	6.94	6.40	5.88	5.36	4.84	4.32	3.80	3.28	2.76	2.24	1.72	1.20	0.68	0.16	0.00	0.00
8.0	0.50	7.57	7.00	6.46	5.92	5.38	4.84	4.30	3.76	3.22	2.68	2.14	1.60	1.06	0.52	0.00	0.00
8.5	0.57	8.19	7.60	7.04	6.48	5.92	5.36	4.80	4.24	3.68	3.12	2.56	2.00	1.44	0.88	0.32	0.00
9.0	0.63	8.81	8.20	7.63	7.06	6.48	5.92	5.36	4.80	4.24	3.68	3.12	2.56	2.00	1.44	0.88	0.32
9.5	0.70	9.43	8.80	8.21	7.63	7.06	6.48	5.92	5.36	4.80	4.24	3.68	3.12	2.56	2.00	1.44	0.88
10.0	0.77	10.05	9.40	8.80	8.21	7.63	7.06	6.48	5.92	5.36	4.80	4.24	3.68	3.12	2.56	2.00	1.44
10.5	0.84	10.67	10.00	9.39	8.79	8.20	7.62	7.04	6.46	5.88	5.30	4.72	4.14	3.56	2.98	2.40	1.82
11.0	0.91	11.29	10.60	10.00	9.40	8.80	8.21	7.63	7.06	6.48	5.92	5.36	4.80	4.24	3.68	3.12	2.56
11.5	0.98	11.91	11.20	10.60	10.00	9.40	8.80	8.21	7.63	7.06	6.48	5.92	5.36	4.80	4.24	3.68	3.12

PEMASANGAN & KONSTRUKSI

INSTALLATION & CONSTRUCTION

Pemasangan dan penyambungan JKBL Union tidaklah susah, tetapi perlu diperhatikan beberapa hal, sehingga didapat hasil yang optimal dan benar.

Installation and joint of Union Wire Mesh is easy, just need to pay attention to the following matters in order to get an optimum and good result.

A. Sambungan JKBL Union

1. Sambungan Sektat Tegangan Lelah

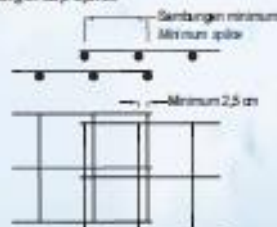
Suatu sambungan akan setara dengan leleh penuh kalau lemparan itu lebih banyak seperti satu kotak apas (dua kumpul bar), ditambah minimal 2,5 cm.

2. Sambungan Separuh Tegangan Lelah

Suatu sambungan akan setara dengan sepuah tegangan leleh, kalau lemparan itu lebih banyak seperti satu kumpul bar ditambah minimal 2,5 cm.

* Sambungan dengan Tegangan Lelah Penuh

Full Yield Strength Lap Splice



Catatan :

Tambahan sebesar 2,5 cm adalah jarak minimal agregat beton yang diijinkan oleh Peraturan Beton Indonesia (PBI 8.16.1), membantu agar beton tersebut dapat padat di sekeliling besi tersebut.

Persyaratan sambungan sepuah tegangan leleh loading-loading diijinkan untuk sambungan di tepi plat satu arah (one way slab), tetapi sebaiknya sambungan tersebut diturunkan oleh insinyur bangunan.

Sekaligus sambungan digunakan untuk tegangan leleh dan diijinkan di 180-derajat yang berlawanan arah tidak maksimum.

A. Union Wire Mesh Overlap

1. Full Yield Strength Lap Splice

A lap will have a full strength of yield stress when the mesh is placed overlap by one spacing (betweenweld) plus a minimum of 2.5 cm.

2. Half Yield Strength Lap Splice

A lap will be equivalent half strength of yield stress when the mesh overlap is overlap by one weld plus a minimum of 2.5 cm.

* Sambungan dengan Setengah Tegangan Lelah

Half Yield Strength Lap Splice



Note:

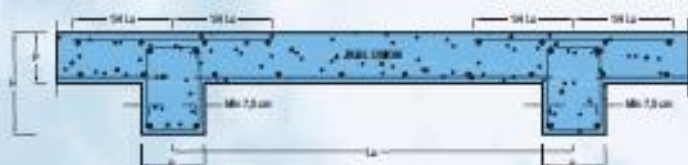
The addition of 2.5 cm referred to above is the minimum allowable spacing for concrete aggregate, which is required by the Indonesian Concrete Regulation (PBI 8.16.1), so as to make the concrete becomes dense around the bar.

In some cases, one weld overlap is allowed for the side laps of one way slab, the decision on this practice should be made by the structural engineer.

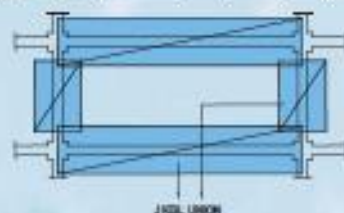
It is strongly recommended to apply the full yield strength lap splice and the laps should be in such place where the tension stress is not maximum.

B. Penataan JKBL Union *Union Wire Mesh Position*

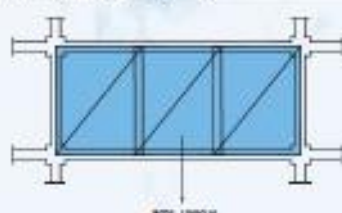
Plat Lantai Bangunan Bertingkat *Suspended Slab*

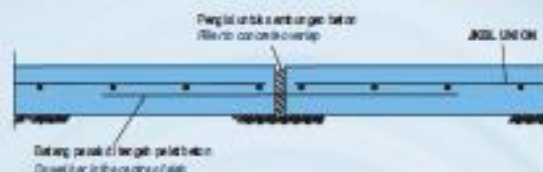


Lapis Atas *Top Layer*



Lapis Bawah *Bottom Layer*





KEUNTUNGAN MENGGUNAKAN UNION WIRE MESH

THE ADVANTAGES OF USING UNION WIRE MESH

1. Menghemat waktu konstruksi using union
2. Dapat di produksi oleh produsen konstruksi (Engineering Mesh)
3. Mereduksi berat besi tulangan dalam beton

1. Save time for building constructions
2. Can be produced based on consultant's designs (Engineering Mesh)
3. Reducing weight of steel reinforcement concrete



CAPITAL RESIDENCE, Jakarta



GRAND INDONESIA, Jakarta



CITY TOWER, Jakarta



PT. UNION METAL

Quality Steel Building Material

Head Office

: Menara Karya Building 6th Floor
Jl. H.R. Rasuna Said Blok X-5 Kav. 1-2
Jakarta 12950 Indonesia
Phone # (62-21) 579.44409 (hunting)
Fax # (62-21) 579.44410
Email : marketing@unionmetal.co.id
Website : www.unionmetal.co.id

Factory

Factory I :
Jl. Jababeka V Blok U No. 1
Kawasan Industri Jababeka I
Cikarang - Bekasi 17530 Indonesia

Factory II :
Ngoro Industrial Park
Mojokerto - Jawa Timur

Branch Office

: BANDUNG
Jalan Kejsksaan No. 28, Bandung 40111
Phone # (62-22) 423.1849, (62-22) 423.6489
Fax # (62-22) 420.8314
E-mail : unionbdg@unionmetal.co.id

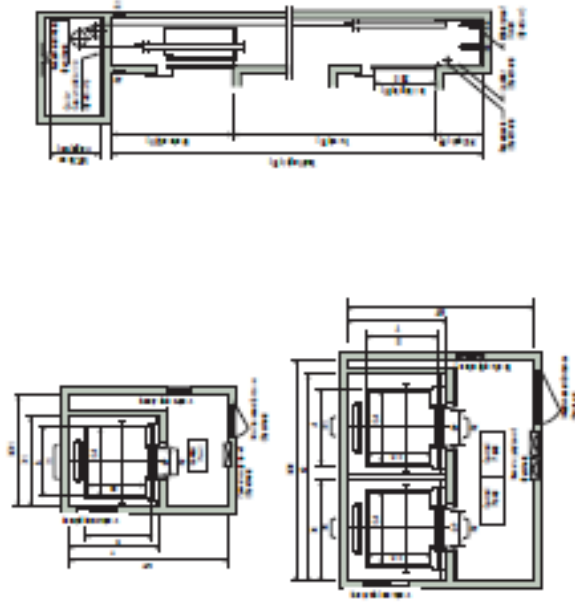
SURABAYA
Ruko Panji Makmur Blok A-33
Jalan Panjang Jiwo No. 46 - 48, Surabaya 60271



A UNION SAMPOERNA CO.

Elmoro Hababwah & Ma chine Ba am

Section of Hydrology



Overhead & Pit Deaths

Lead By:	2012-2013		2013-2014		2014-2015
	Original (COP)	Per Capita (COP)	Original (COP)	Per Capita (COP)	
1.9	6.28	1.58	6.30	1.60	2.80
1.6	6.28	1.58	6.30	1.60	2.80
1.75	6.28	1.58	6.30	1.60	2.80
2.8	6.28	1.58	6.30	1.60	2.80
2.5	6.28	1.58	6.30	1.60	2.80

Note: 1. When a document is being filed in a register, it is not necessary to file the document in the register. The document is filed in the register only if it is a document that is required to be filed in the register. For example, a document that is required to be filed in the register is a document that is required to be filed in the register.

Standard and OLS mean differences in R-squared are

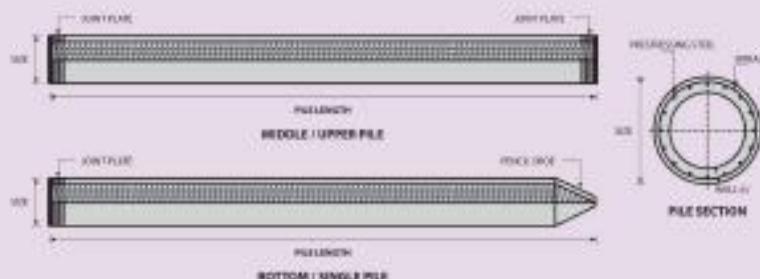
Wann findet der Standard

[illegible]

12345678910111213141516171819202122232425262728293031323334353637383940414243444546474849505152535455565758596061626364656667686970717273747576777879808182838485868788899091929394959697989910010110210310410510610710810911011111211311411511611711811912012112212312412512612712812913013113213313413513613713813914014114214314414514614714814915015115215315415515615715815916016116216316416516616716816917017117217317417517617717817918018118218318418518618718818919019119219319419519619719819920020120220320420520620720820921021121221321421521621721821922022122222322422522622722822923023123223323423523623723823924024124224324424524624724824925025125225325425525625725825926026126226326426526626726826927027127227327427527627727827928028128228328428528628728828929029129229329429529629729829930030130230330430530630730830931031131231331431531631731831932032132232332432532632732832933033133233333433533633733833934034134234334434534634734834935035135235335435535635735835936036136236336436536636736836937037137237337437537637737837938038138238338438538638738838939039139239339439539639739839940040140240340440540640740840941041141241341441541641741841942042142242342442542642742842943043143243343443543643743843944044144244344444544644744844945045145245345445545645745845946046146246346446546646746846947047147247347447547647747847948048148248348448548648748848949049149249349449549649749849950050150250350450550650750850951051151251351451551651751851952052152252352452552652752852953053153253353453553653753853954054154254354454554654754854955055155255355455555655755855956056156256356456556656756856957057157257357457557657757857958058158258358458558658758858959059159259359459559659759859960060160260360460560660760860961061161261361461561661761861962062162262362462562662762862963063163263363463563663763863964064164264364464564664764864965065165265365465565665765865966066166266366466566666766866967067167267367467567667767867968068168268368468568668768868969069169269369469569669769869970070170270370470570670770870971071171271371471571671771871972072172272372472572672772872973073173273373473573673773873974074174274374474574674774874975075175275375475575675775875976076176276376476576676776876977077177277377477577677777877978078178278378478578678778878979079179279379479579679779879980080180280380480580680780880981081181281381481581681781881982082182282382482582682782882983083183283383483583683783883984084184284384484584684784884985085185285385485585685785885986086186286386486586686786886987087187287387487587687787887988088188288388488588688788888989089189289389489589689789889990090190290390490590690790890991091191291391491591691791891992092192292392492592692792892993093193293393493593693793893994094194294394494594694794894995095195295395495595695795895996096196296396496596696796896997097197297397497597697797897998098198298398498598698798898999099199299399499599699799899910001001100210031004100510061007100810091010101110121013101410151016101710181019102010211022102310241025102610271028102910301031103210331034103510361037103810391040104110421043104410451046104710481049105010511052105310541055105610571058105910601061106210631064106510661067106810691070107110721073107410751076107710781079108010811082108310841085108610871088108910901091109210931094109510961097109810991100110111021103110411051106110711081109111011111112111311141115111611171118111911201121112211231124112511261127112811291130113111321133113411351136113711381139114011411142114311441145114611471148114911501151115211531154115511561157115811591160116111621163116411651166116711681169117011711172117311741175117611771178117911801181118211831184118511861187118811891190119111921193119411951196119711981199120012011202120312041205120612071208120912101211121212131214121512161217121812191220122112221223122412251226122712281229123012311232123312341235123612371238123912401241124212431244124512461247124812491250125112521253125412551256125712581259126012611262126312641265126612671268126912701271127212731274127512761277127812791280128112821283128412851286128712881289129012911292129312941295129612971298129913001

[illegible]

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 32$ MPa (Cube 600 kg/cm²)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ^{***} (m)
						Crack *	Ultimate			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	45.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	766.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.30	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	920.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	55.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
500	90	1,159.25	255,324.30	290	C	12.50	25.00	134.90	109.45	6 - 18
					A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
600	100	1,570.80	510,508.81	393	B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
					A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
800	120	2,563.54	1,527,889.00	641	A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
					A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
1000 ^{***}	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1200 ^{***}	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	75.00	112.50	615.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	135.00	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	180.00	575.33	311.26	6 - 24
1200 ^{***}	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
					A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
1200 ^{***}	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

Note : *J Crack Moment Based on AS 4 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

**) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

**) Type of Shoe for Bottom Pile is Manila Shoe

BIODATA PENULIS



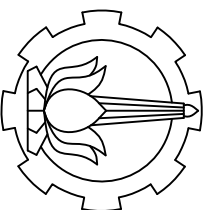
Penulis dilahirkan di Surabaya, Jawa Timur, 03 April 1994, merupakan anak keempat dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Maryam Surabaya, SDN Kertajaya XIII/219 Surabaya, SMP Muhammadiyah 5 Surabaya dan SMA Muhammadiyah 2 Surabaya. Setelah lulus dari SMA tahun 2012, penulis diterima di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Jurusan DIII Teknik Sipil FTSP-ITS. Selanjutnya pada tahun 2015 penulis melanjutkan pendidikan sarjananya

di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Sipil (FTSP-ITS) Surabaya melalui Program Lintas Jalur dan terdaftar dengan NRP. 3115105051. Penulis adalah Mahasiswa Program Sarjana (S1) dengan bidang Studi Struktur.

Email: ahmadapep@hotmail.com

LAMPIRAN GAMBAR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG DENGAN PENAMBAHAN LANTAI MENGGUNAKAN
SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIS



OLEH:

Ahmad Fatihuddin Afif
NRP: 3115 105 051

Dosen Pembimbing 1:

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, MS

Dosen Pembimbing 2:

Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
2017

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

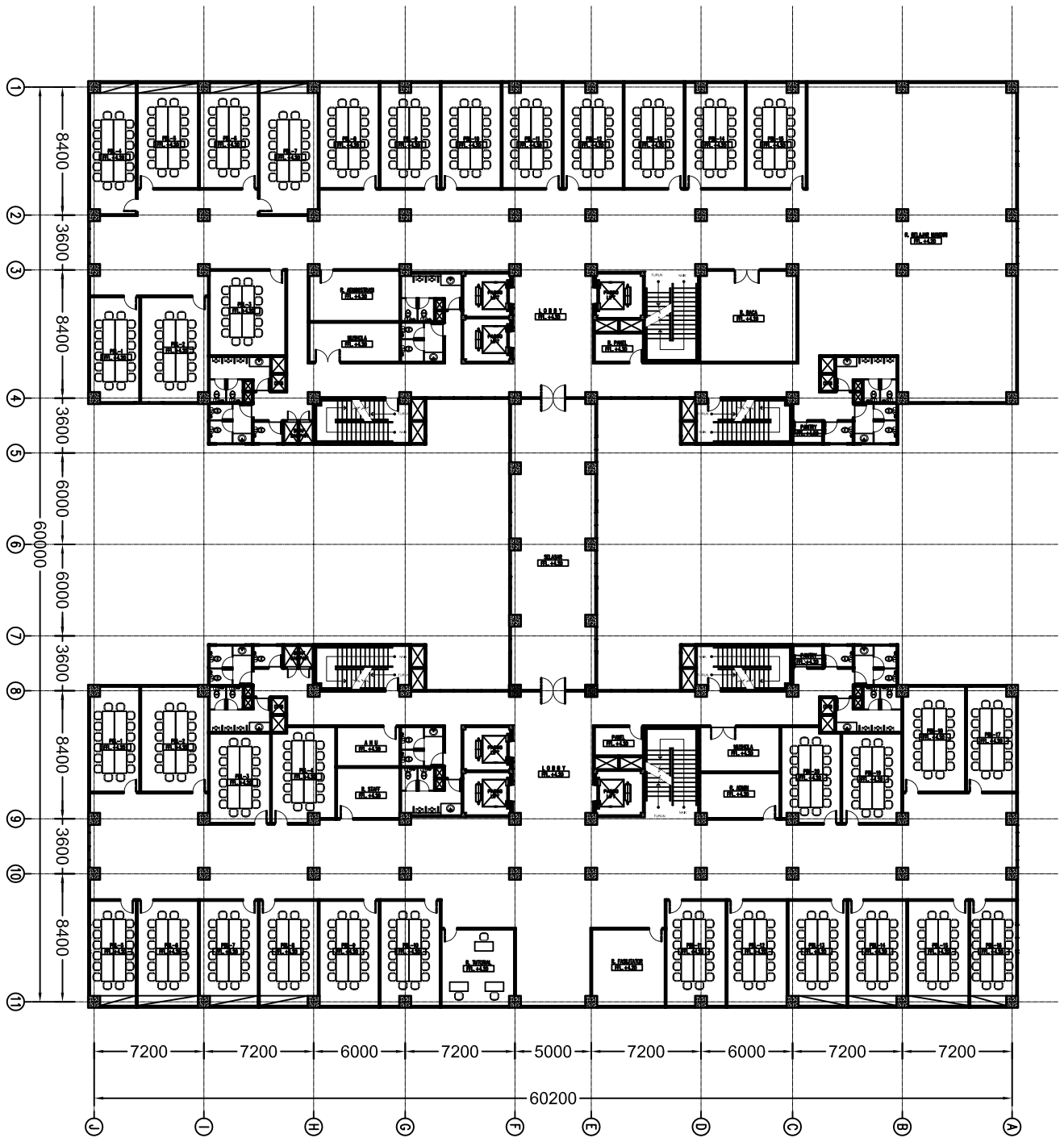
1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP.: 3115 105 051

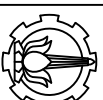
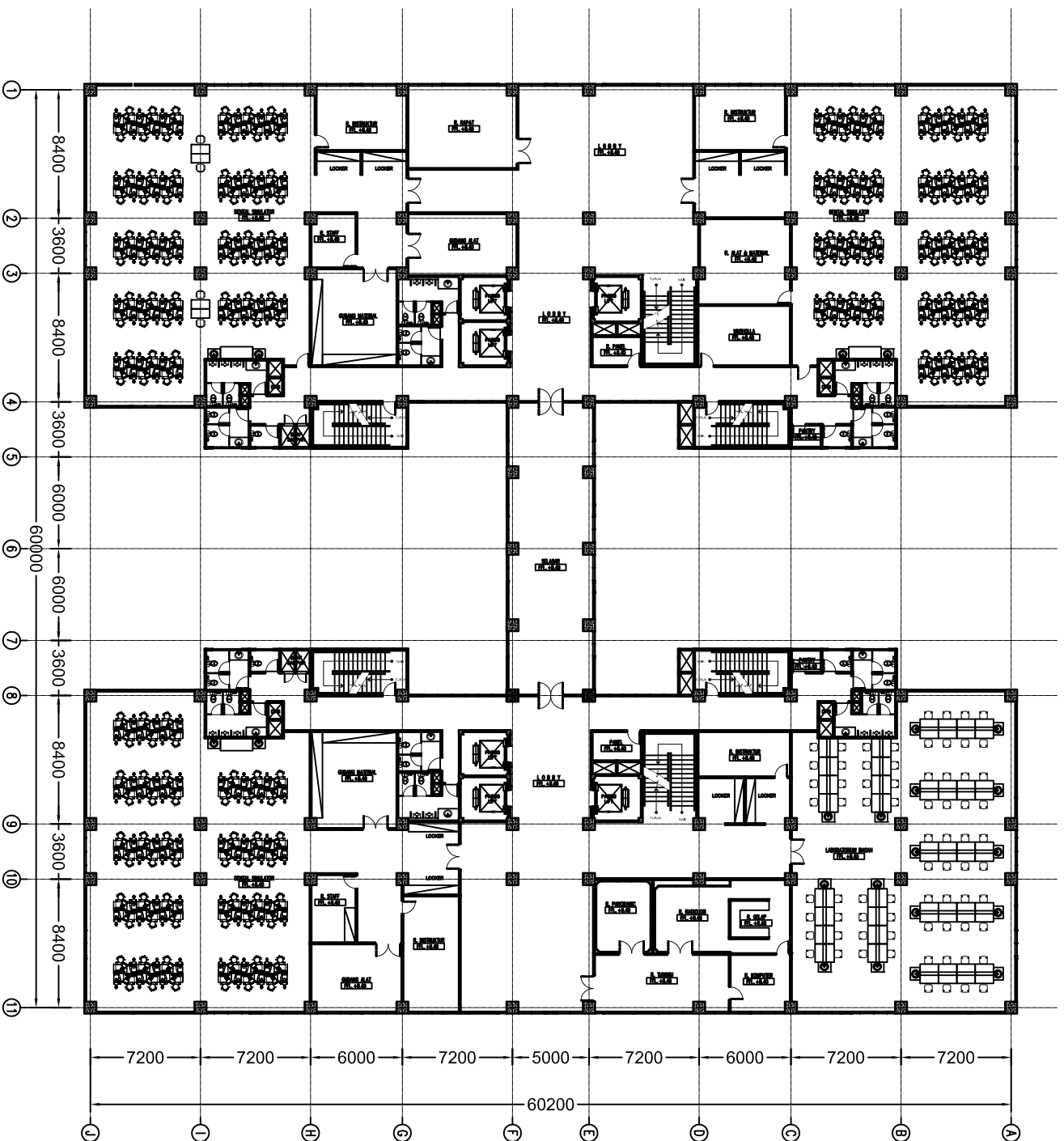
CATATAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
- DENAH LANTAI 1-2	- 1 : 400
KODE GAMBAR	
ARS	
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
1	44



DENAH LANTAI 1-2

SKALA 1 : 400



JUDUL TUGAS AKHIR

DESAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAWILAYAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA BREISING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. HEPPY KRISTJANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

CATATAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
- DENAH LANTAI 3	- 1 : 400
KODE GAMBAR	
ARS	
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
2	44

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP.: 3115 105 051

CATATAN

JUDUL GAMBAR		SKALA
- DENAH LANTAI 4		- 1 : 400
KODE GAMBAR		
ARS		
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR	
3	44	



JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

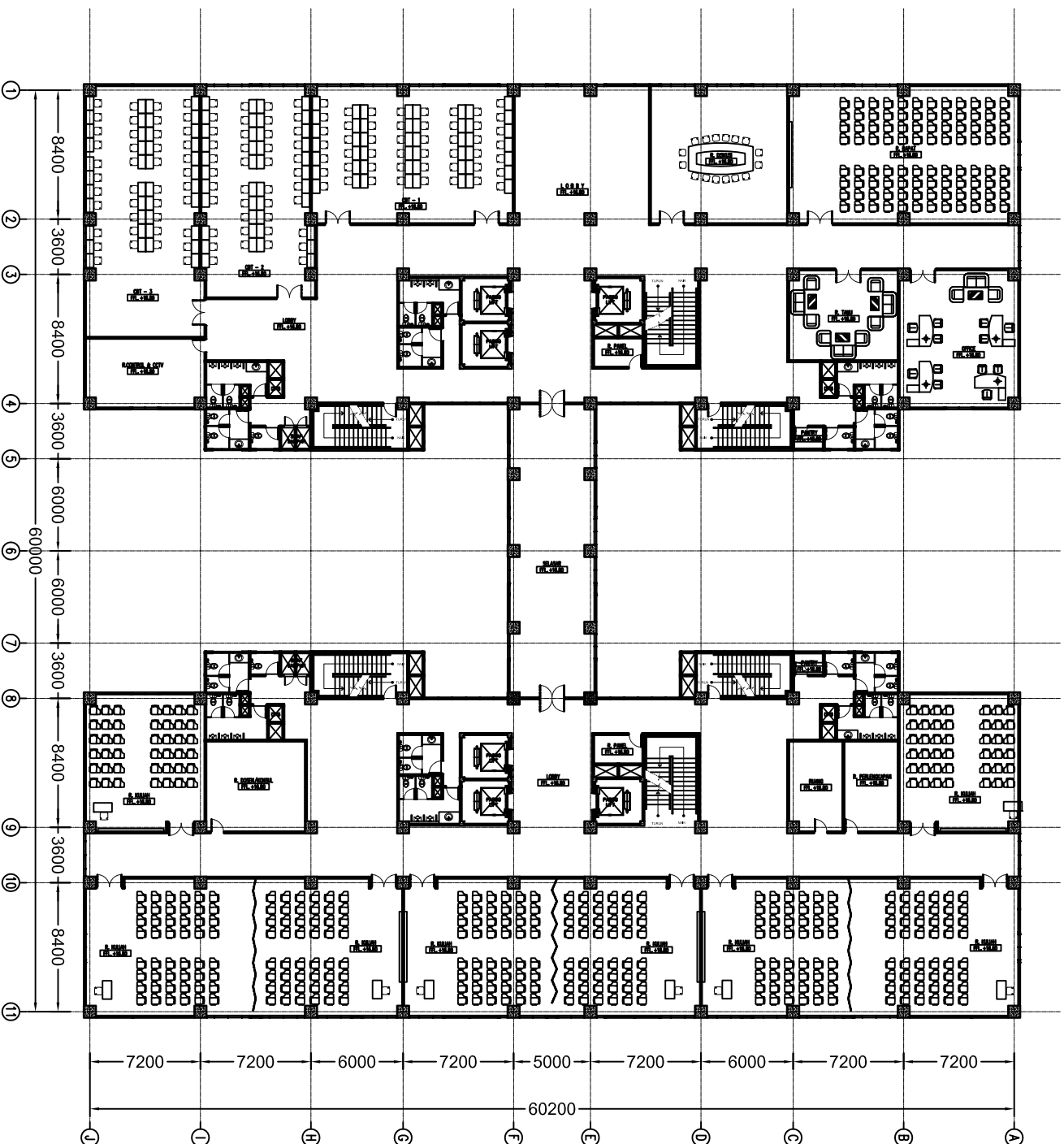
DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

CATATAN



DENAH LANTAI 5
SKALA 1 : 400

JUDUL GAMBAR

SKALA

- DENAH LANTAI 5

- 1 : 400

KODE GAMBAR

ARS

NO. LEMBAR

JML. GAMBAR

4

44



JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS


DOSEN PEMBIMBING

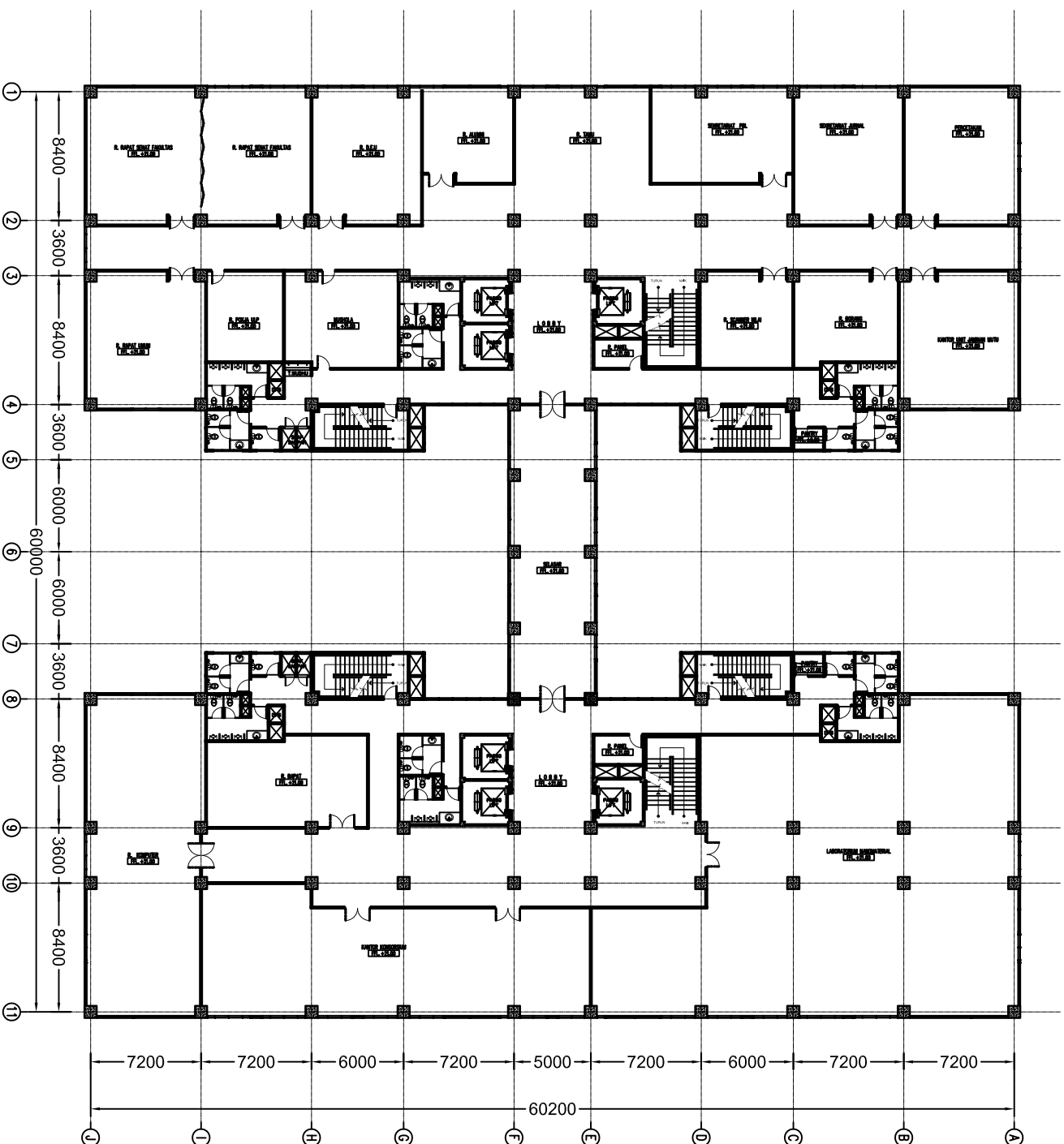
1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

CATATAN

	
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	
JURISAN TEKNIK SIPIL - FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN	
JUDUL TUGAS AKHIR	
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG DENGAN PENAMBAHAN LANTAI MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIS	
DOSEN PEMBIMBING	
1. Ir. HEPHY KRISTIJANTO, MS 2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.	
MAHASISWA	
AHMAD FATHUDDIN AFIF NRP: 3115 105 051	
CATATAN	
JUDUL GAMBAR	SKALA
- DENAH LANTAI 6	- 1 : 400
KODE GAMBAR	
ARS	
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
5	44



DENAH LANTAI 6
SKALA 1 : 400

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

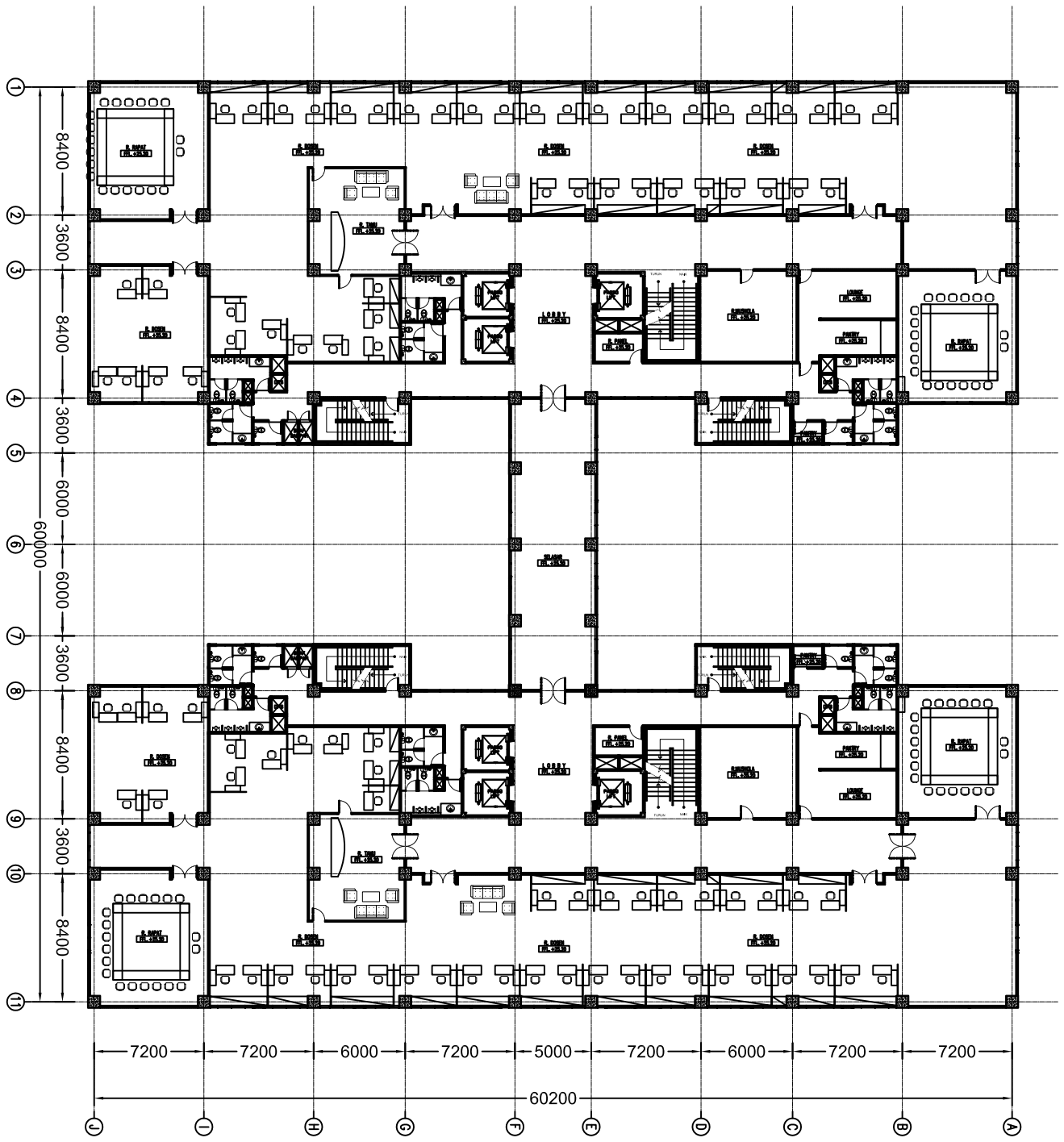
1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP.: 3115 105 051

CATATAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
- DENAH LANTAI 7	- 1 : 400
KODE GAMBAR	
ARS	
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
6	44



DENAH LANTAI 7

SKALA 1 : 400

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

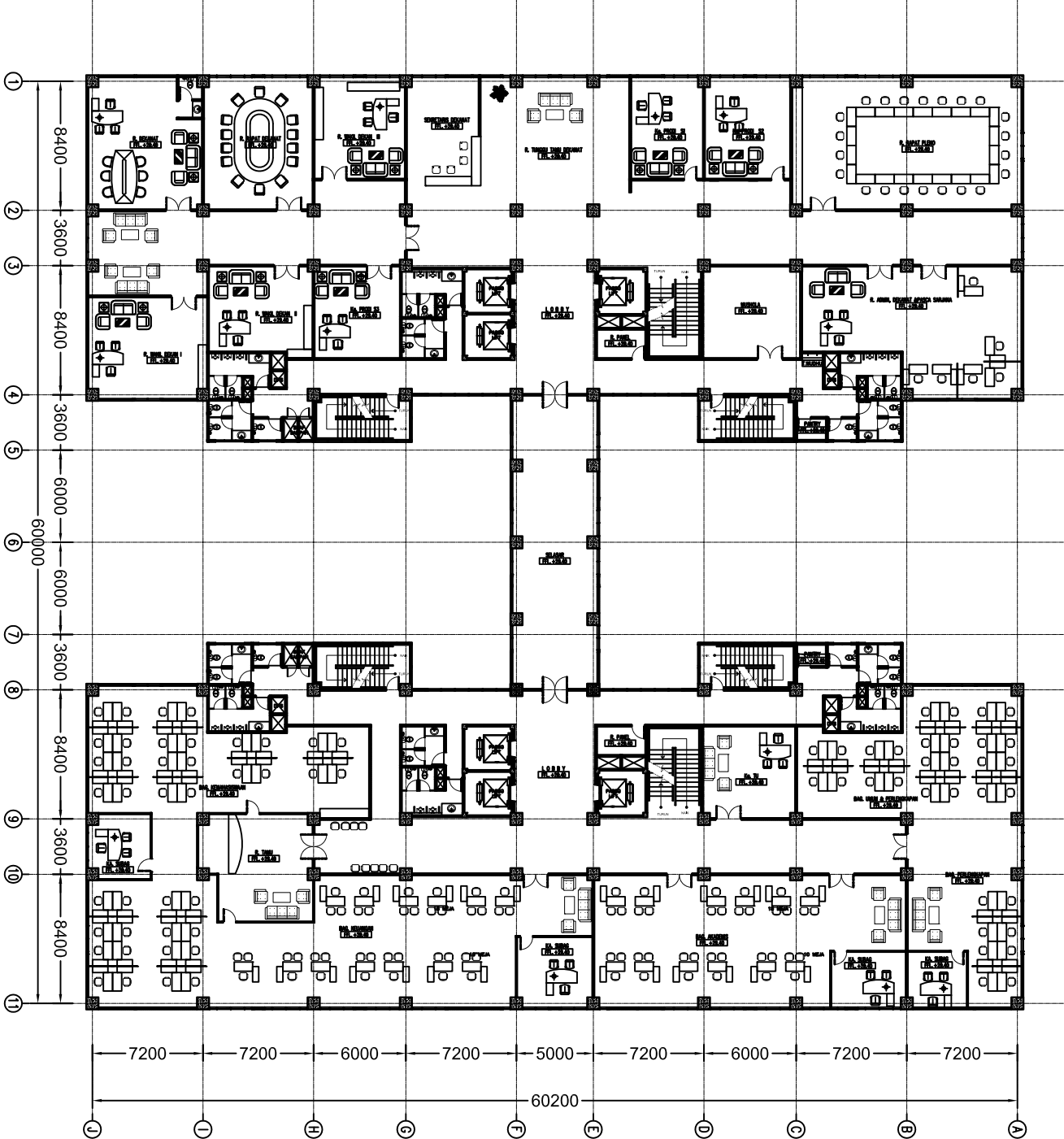
1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP.: 3115 105 051

CATATAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
- DENAH LANTAI 8-9	- 1 : 400
KODE GAMBAR	
ARS	
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
7	44



DENAH LANTAI 8-9
 SKALA 1 : 400

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

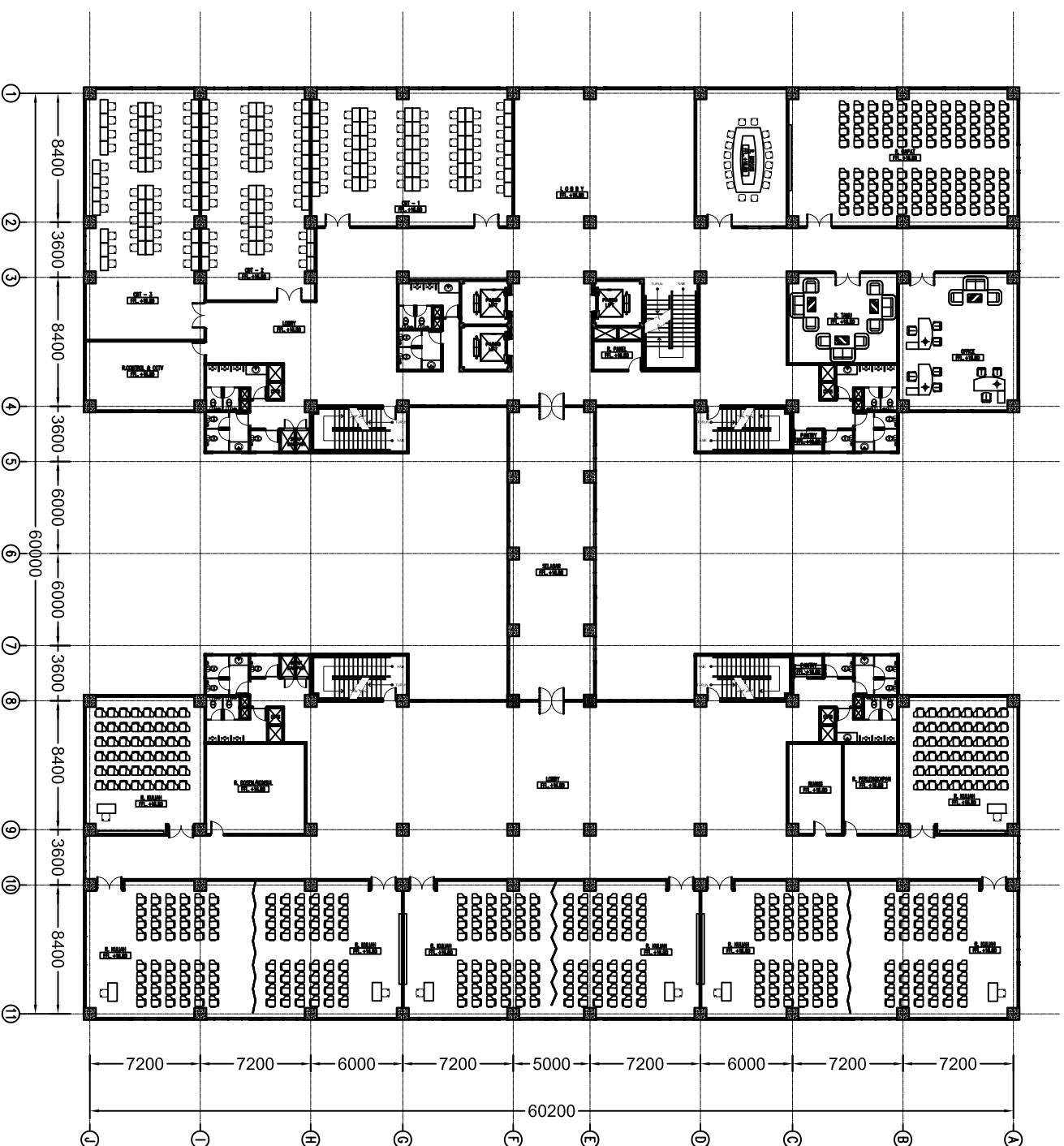
1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

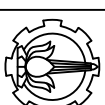
CATATAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
- DENAH LANTAI 10-14	- 1 : 400
KODE GAMBAR	
ARS	
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
8	44



DENAH LANTAI 10-14

SKALA 1 : 400



JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. HEPPY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP.: 3115 105 051

CATATAN

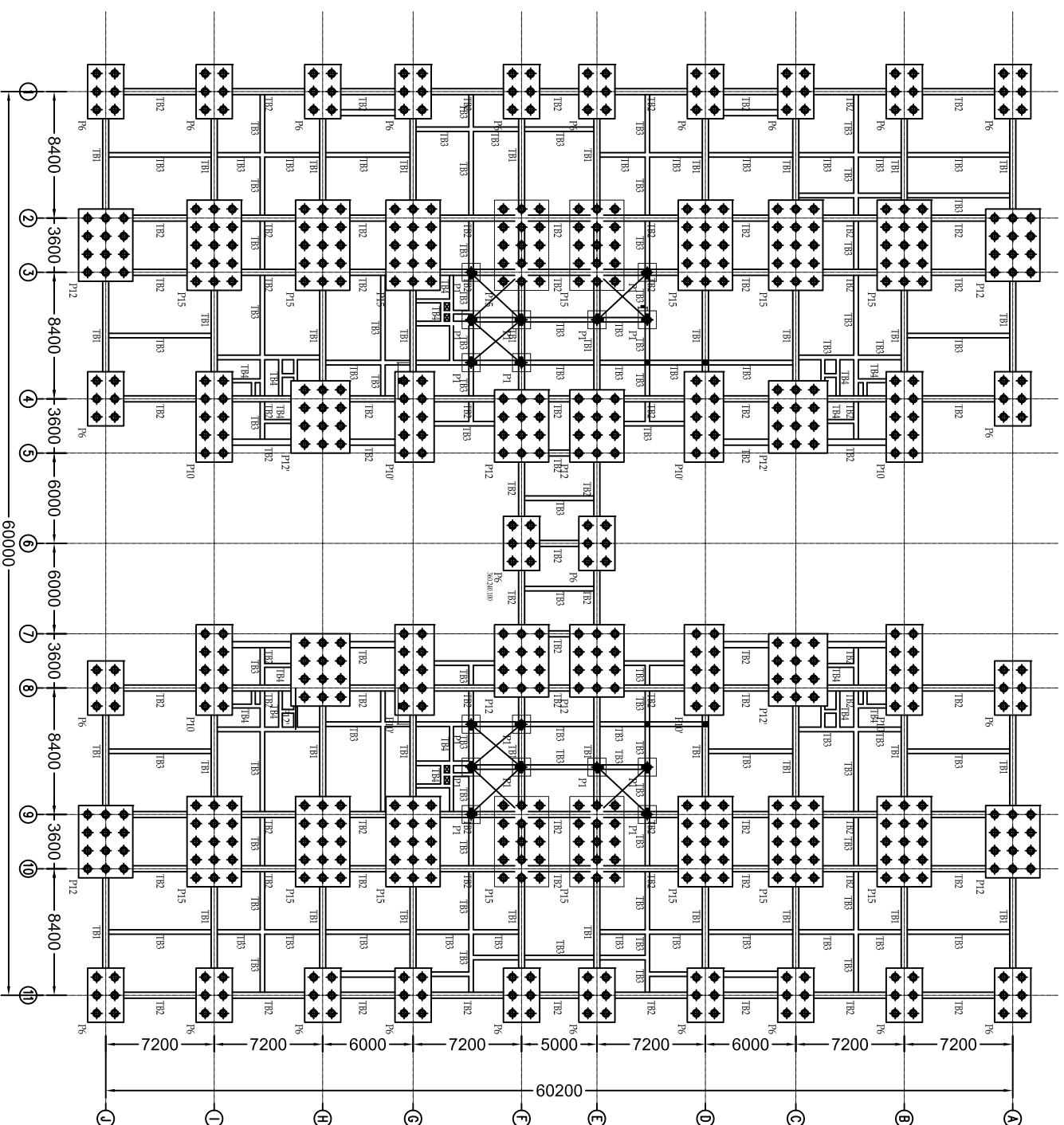
JUDUL GAMBAR SKALA
- DENAH PILE CAP DAN TIE
BEAM - 1 : 400

KODE GAMBAR

STR

NO. LEMBAR JML. GAMBAR

9 44



DENAH PILE CAP DAN TIE BEAM

SKALA 1 : 400



DESAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BREISING
EKSENTRIS

1. Mr. HEPPI KRISTJANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

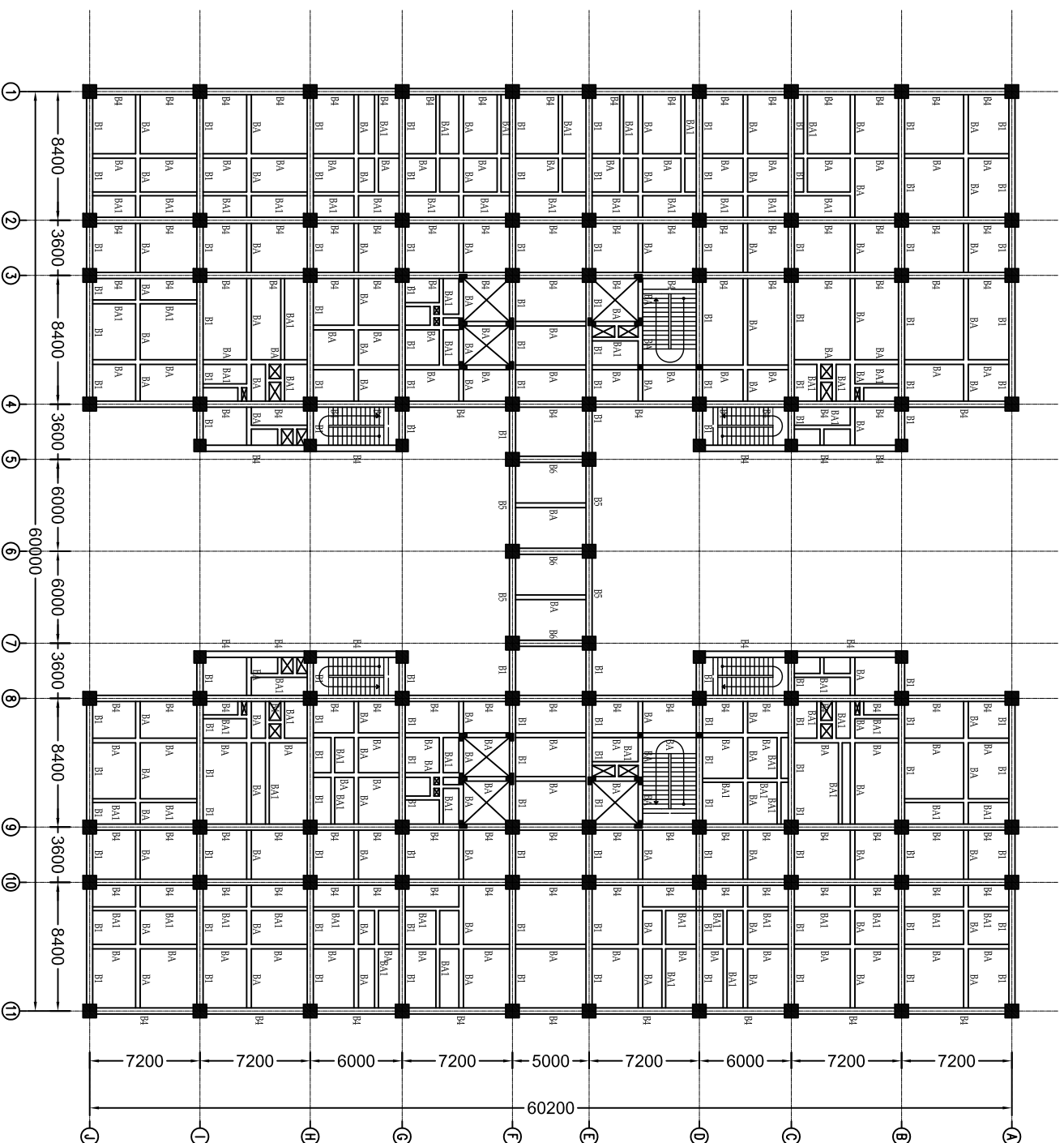
JUDUL GAMBAR	SKALA
--------------	-------

- DENAH BALOK LANTAI 2 - 1 : 400

STR

NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

1044



DENAH BALOK LANTAI 2

SKALA 1 : 400

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAHMAJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

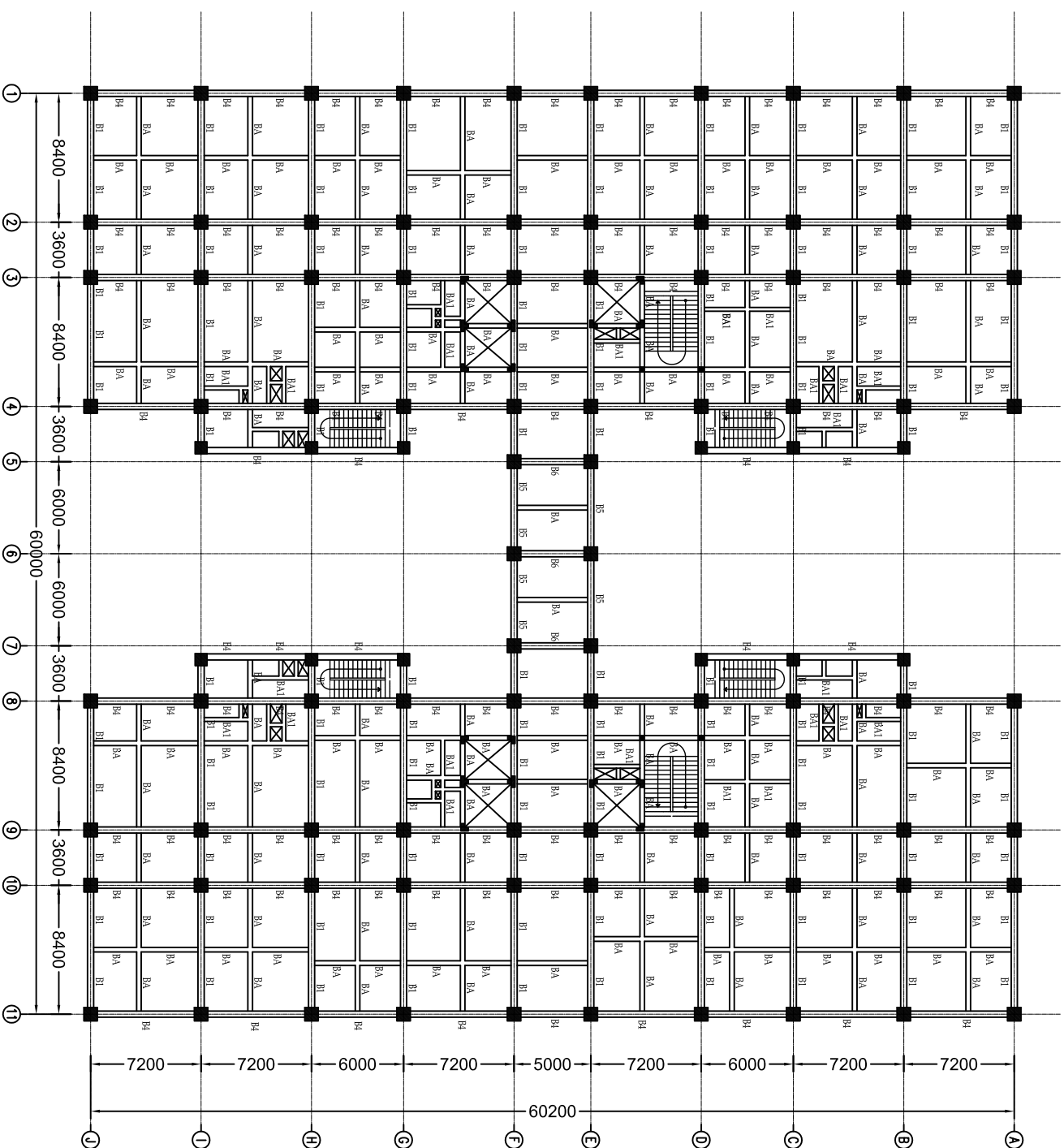
1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP.: 3115 105 051

CATATAN

JUDUL GAMBAR		SKALA
- DENAH BALOK LANTAI 3		- 1 : 400
KODE GAMBAR		
STR		
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR	
11	44	



DENAH BALOK LANTAI 3
SKALA 1 : 400

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAHMAJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

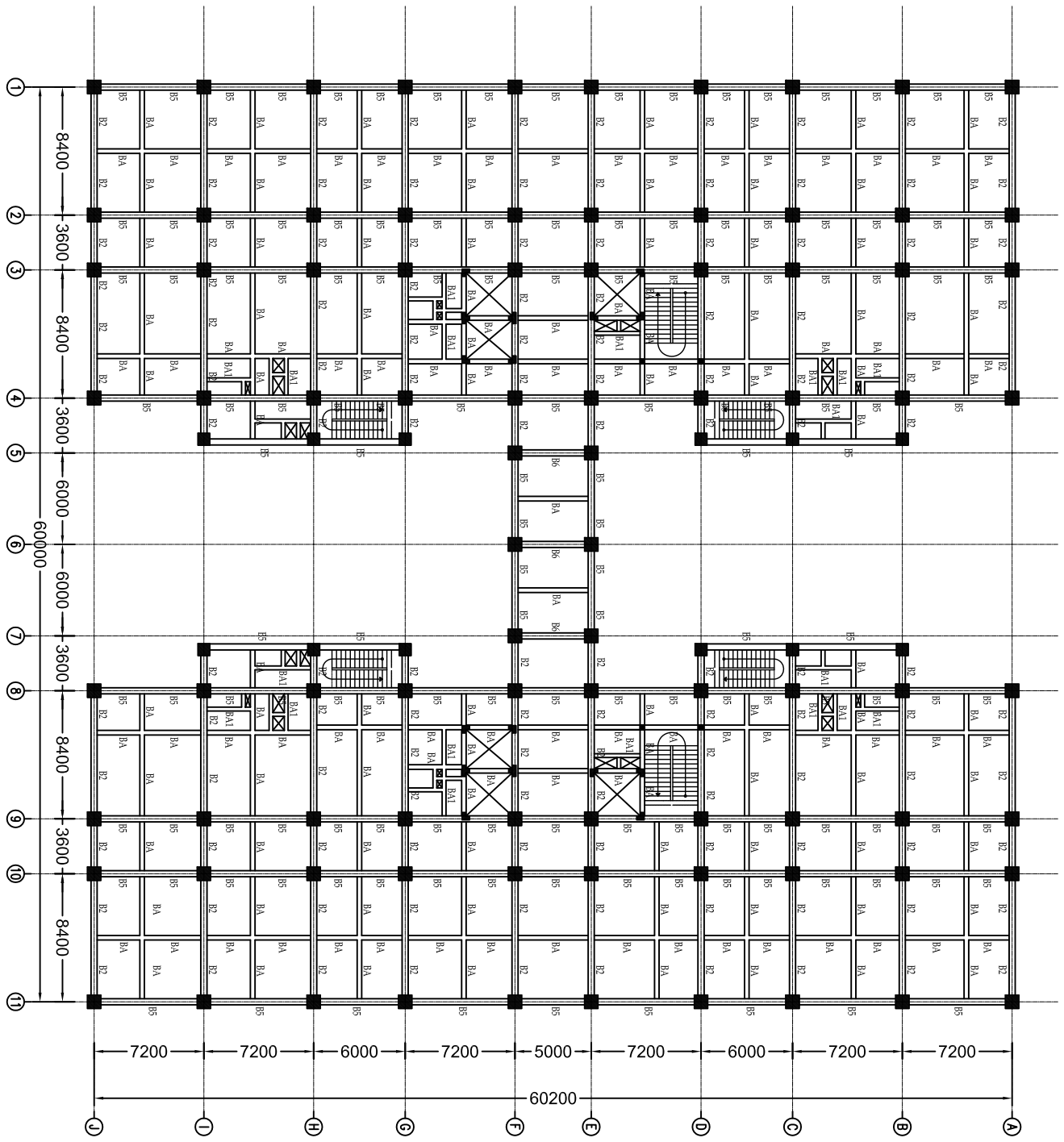
1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

CATATAN

JUDUL GAMBAR		SKALA
- DENAH BALOK LANTAI 4		- 1 : 400
KODE GAMBAR		
STR		
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR	
12	44	



DENAH BALOK LANTAI 4

SKALA 1 : 400

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

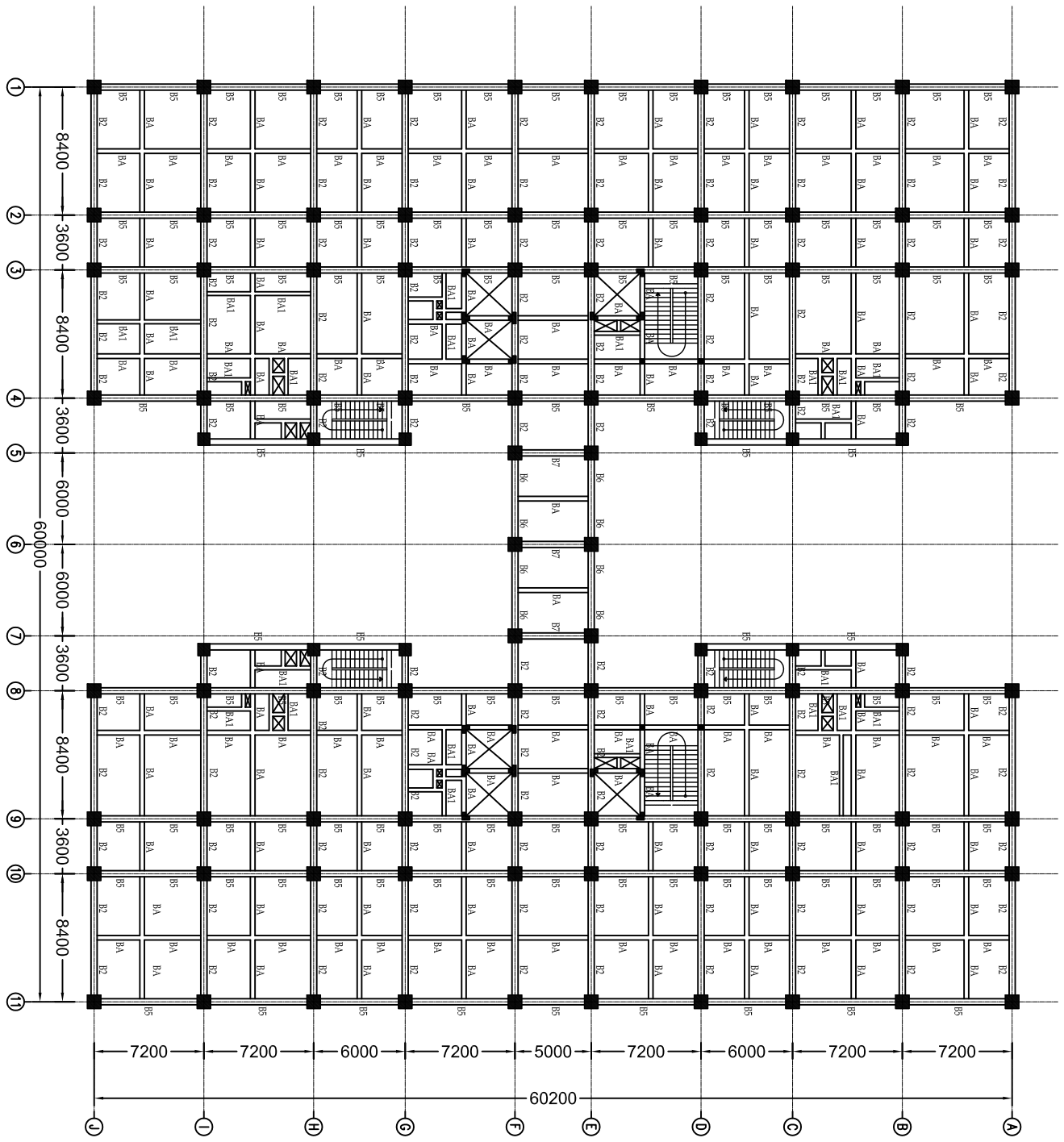
MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF

NRP: 3115 105 051

CATATAN

JUDUL GAMBAR		SKALA
- DENAH BALOK LANTAI 5		- 1 : 400
KODE GAMBAR		
STR		
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR	
13	44	



DENAH BALOK LANTAI 5

SKALA 1 : 400

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAHMAJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

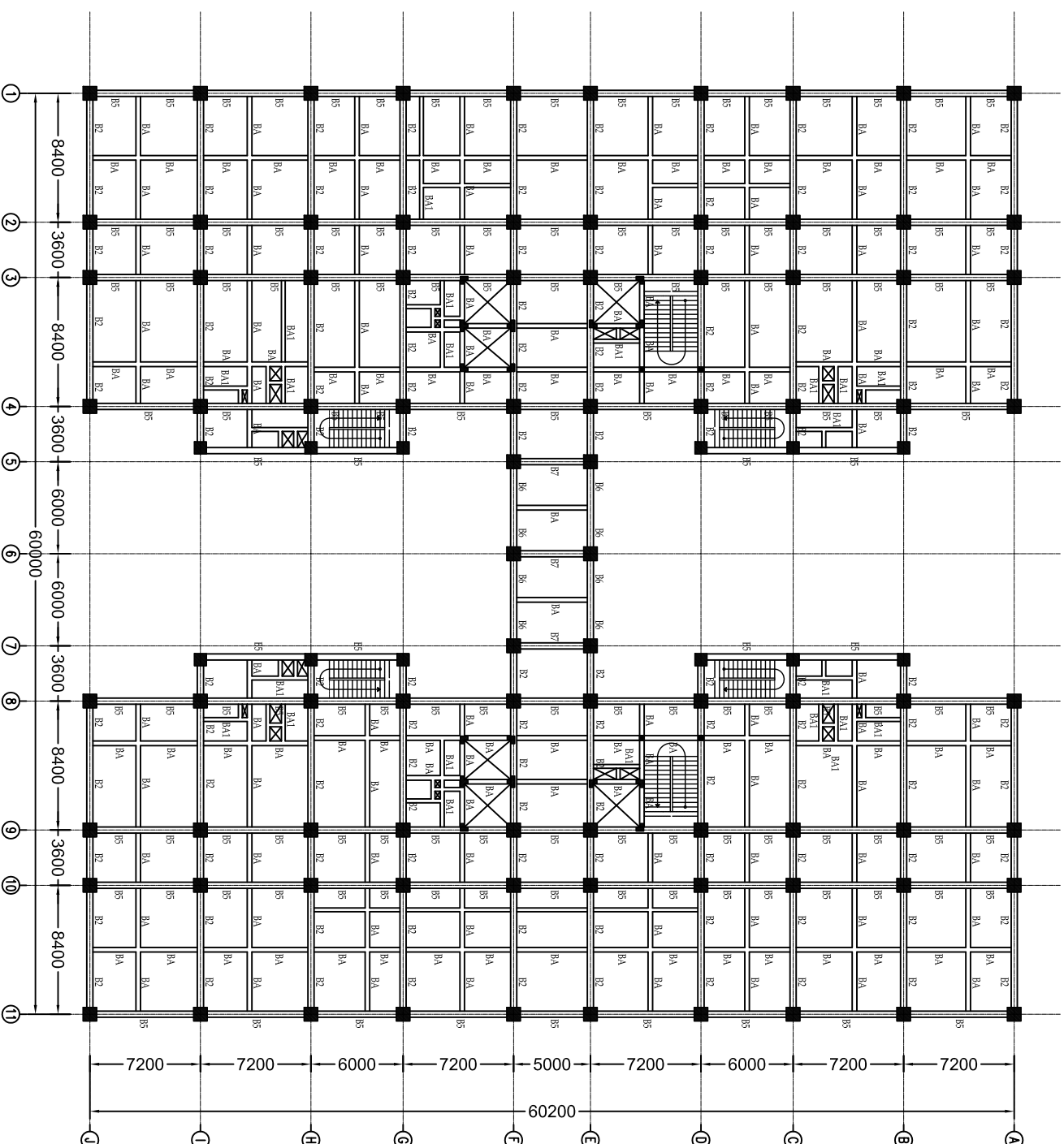
1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP.: 3115 105 051

CATATAN

JUDUL GAMBAR		SKALA
- DENAH BALOK LANTAI 6		- 1 : 400
KODE GAMBAR		
STR		
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR	
14	44	



DENAH BALOK LANTAI 6

SKALA 1 : 400

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAHUYAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

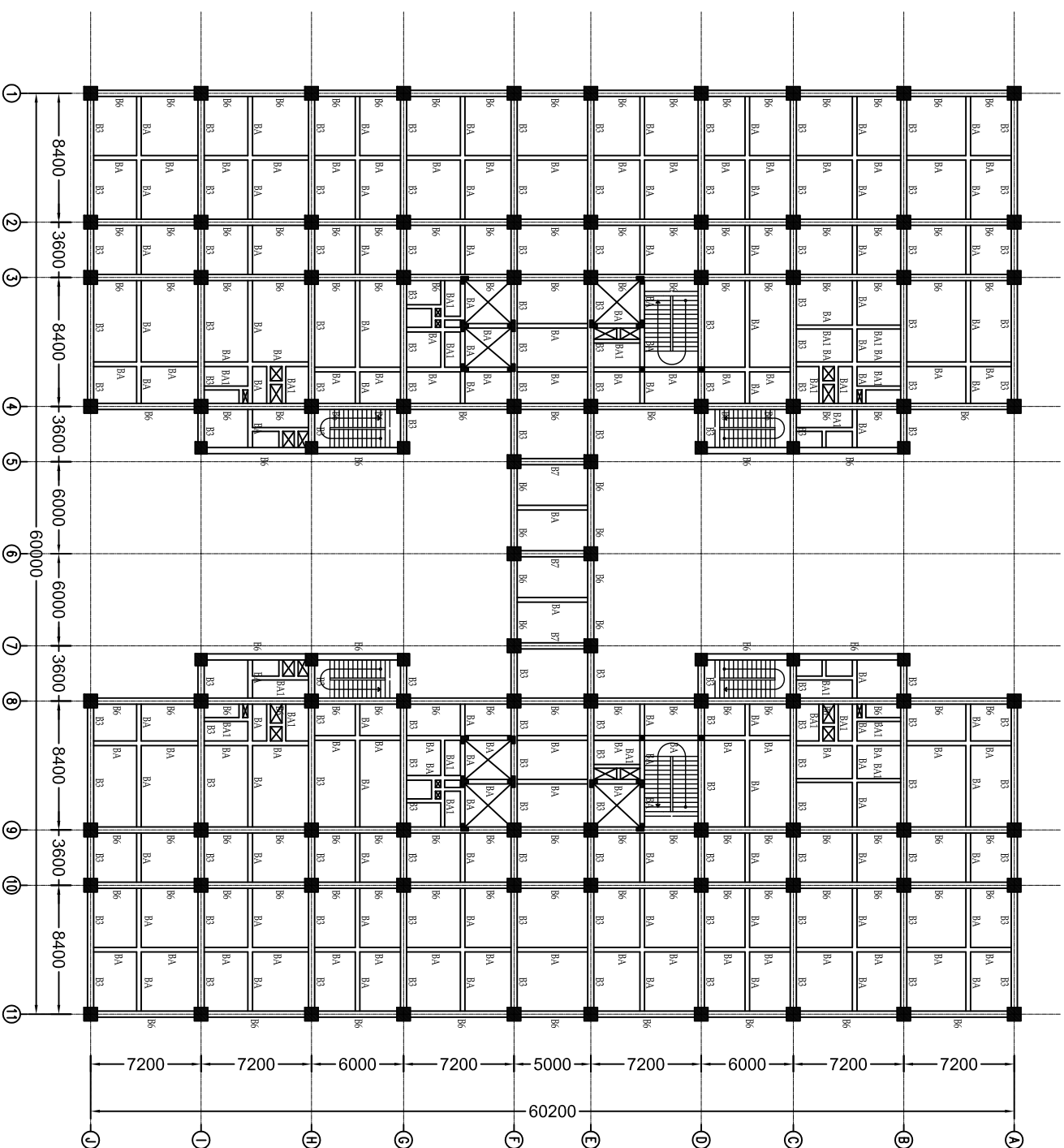
1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP.: 3115 105 051

CATATAN

JUDUL GAMBAR		SKALA
- DENAH BALOK LANTAI 7		- 1 : 400
KODE GAMBAR		
STR		
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR	
15	44	



JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAHMAJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

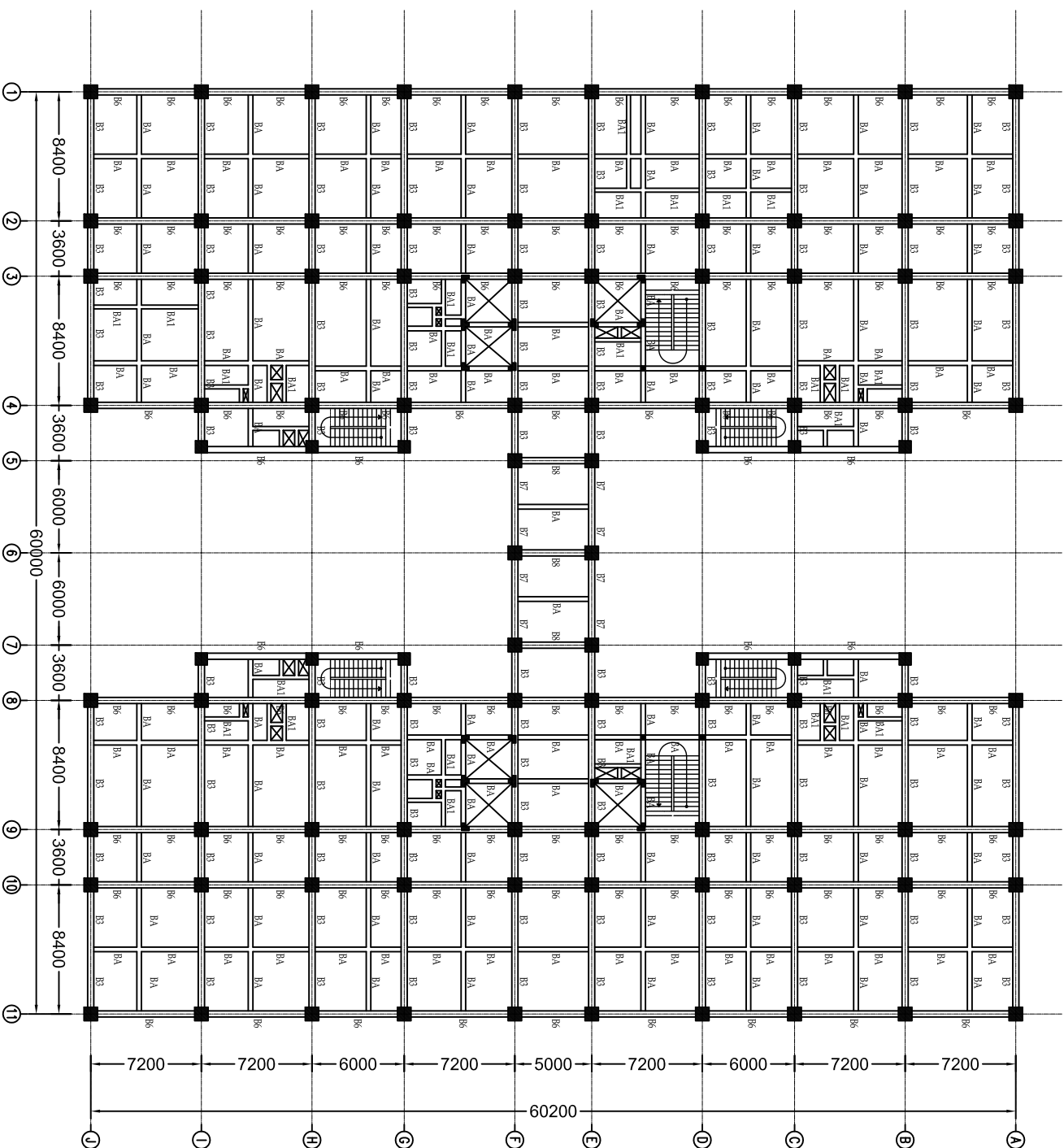
1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP.: 3115 105 051

CATATAN

JUDUL GAMBAR		SKALA
- DENAH BALOK LANTAI 8		- 1 : 400
KODE GAMBAR		
STR		
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR	
16	44	



DENAH BALOK LANTAI 8

SKALA 1 : 400

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAVIJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

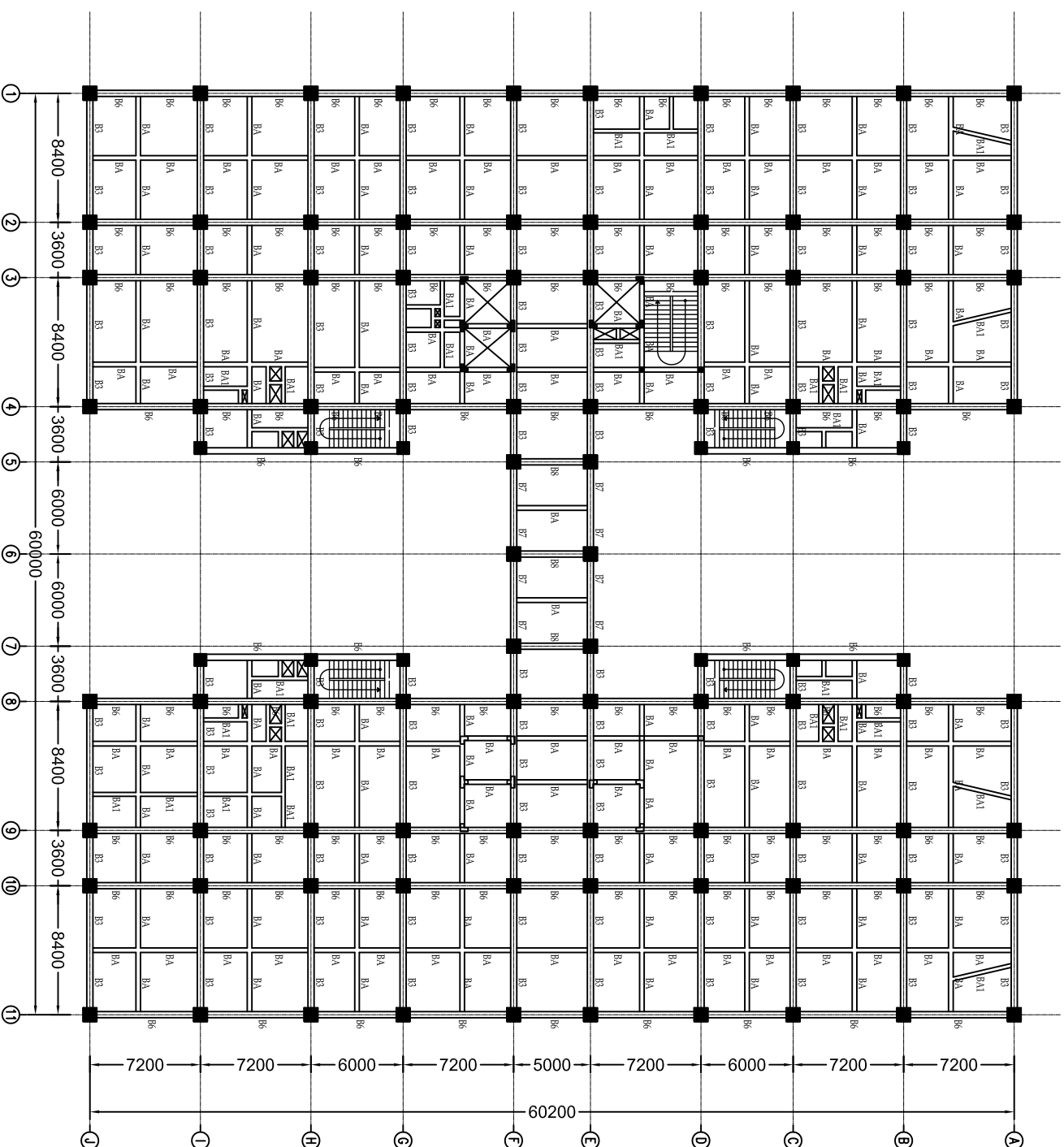
1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP.: 3115 105 051

CATATAN

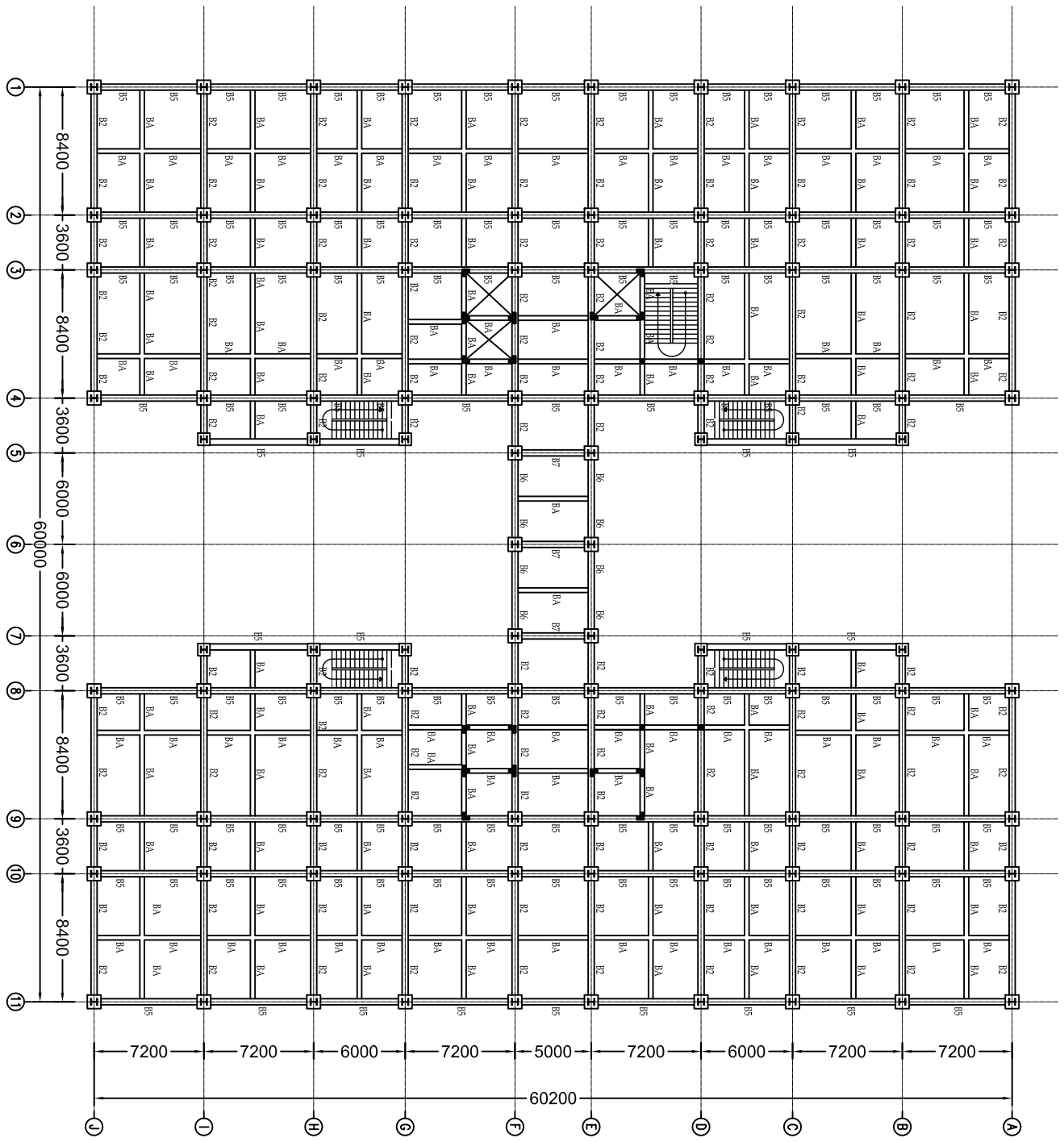
JUDUL GAMBAR		SKALA
- DENAH BALOK LANTAI 9		- 1 : 400
KODE GAMBAR		
STR		
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR	
17	44	



DENAH BALOK LANTAI 9

SKALA 1 : 400

JUDUL GAMBAR		SKALA
- DENAH BALOK LANTAI 10		- 1 : 400
KODE GAMBAR		
STR		
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR	
18	44	



JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

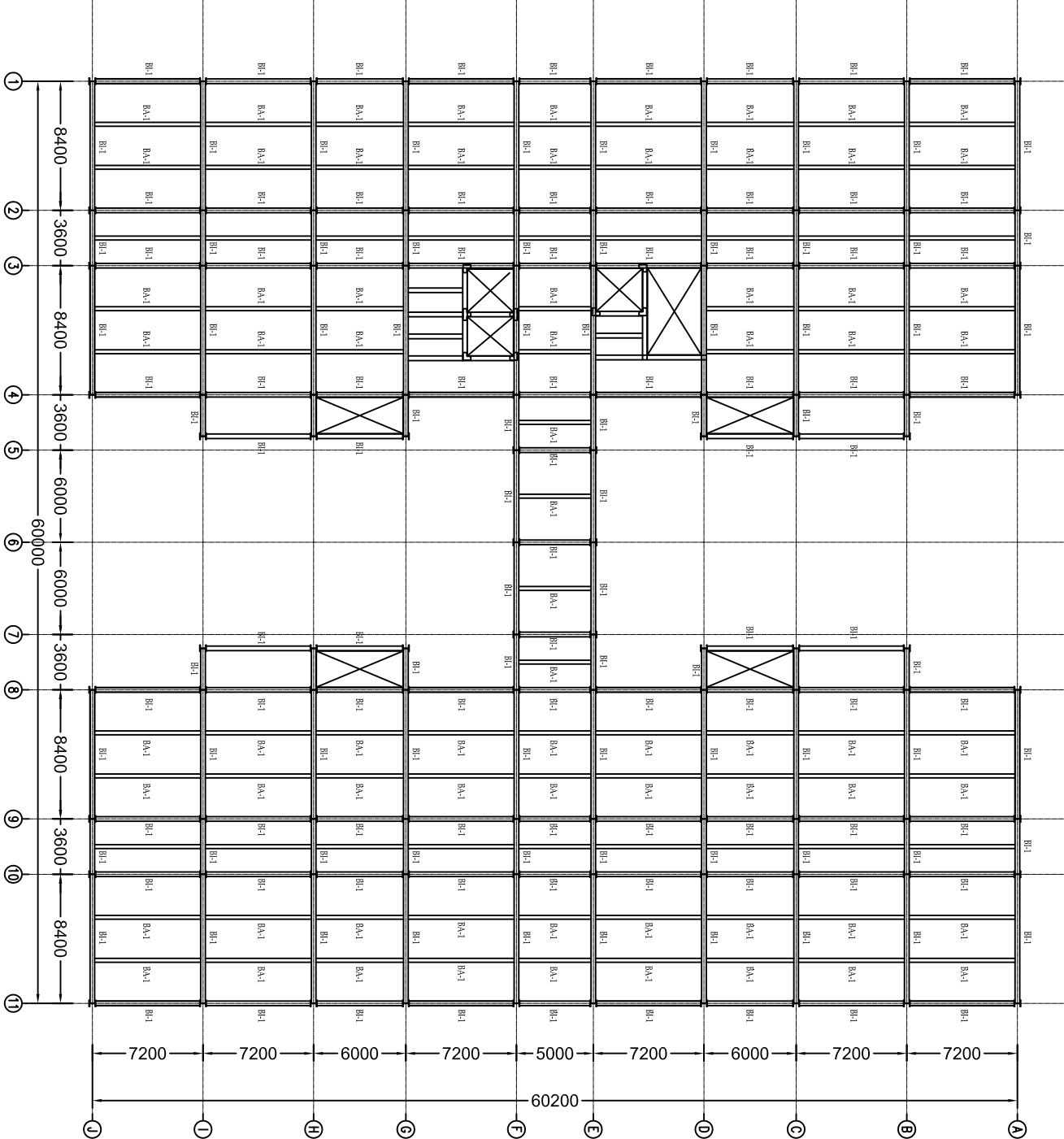
1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

CATATAN

JUDUL GAMBAR		SKALA
- DENAH BALOK LANTAI 11-14		- 1 : 400
KODE GAMBAR		
STR		
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR	
19	44	



DENAH BALOK LANTAI 11-14

SKALA 1 : 400



JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

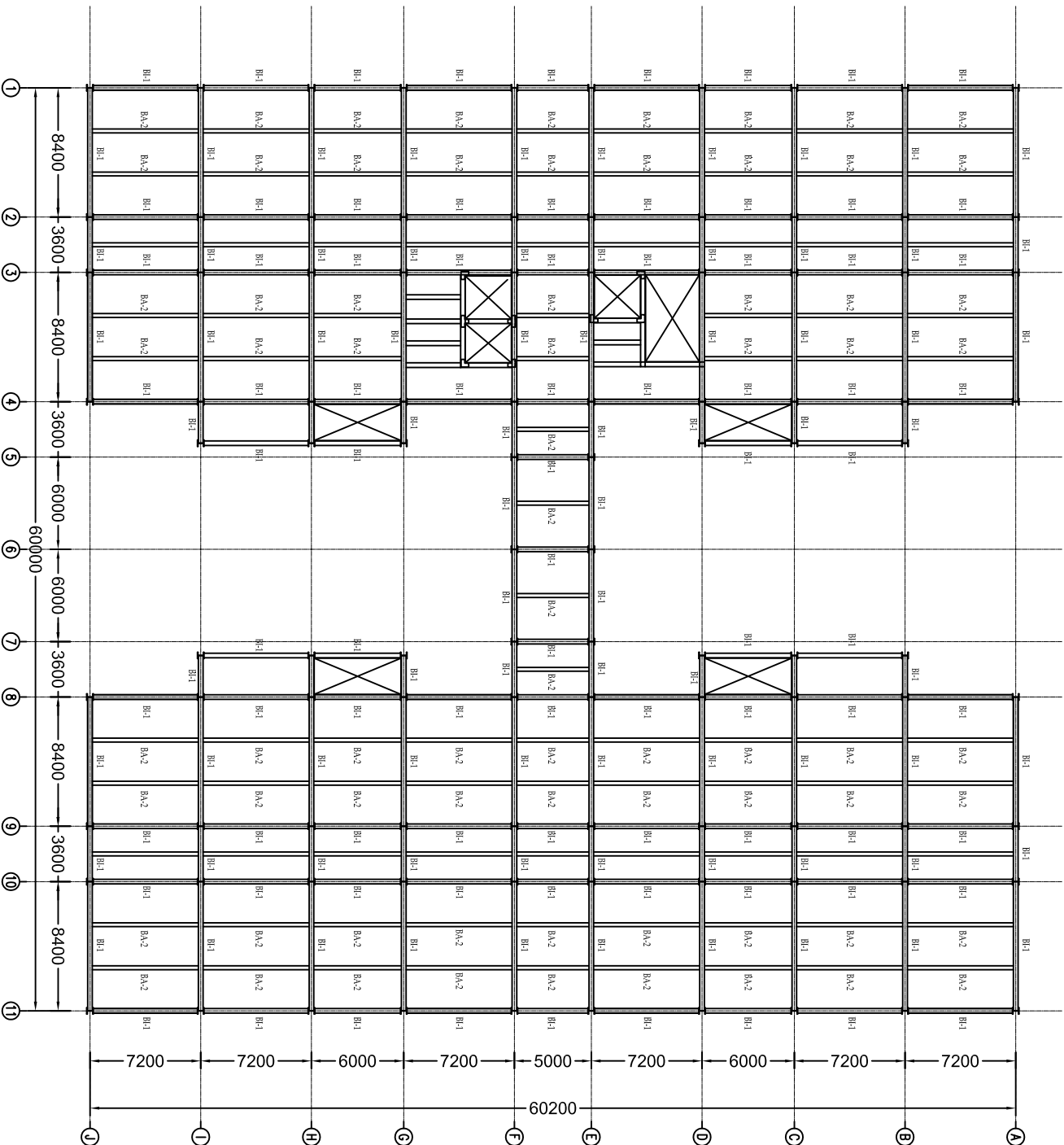
1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

CATATAN

JUDUL GAMBAR		SKALA
- DENAH BALOK LANTAI ATAP		- 1 : 400
KODE GAMBAR		
STR		
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR	
20	44	



DENAH BALOK LANTAI ATAP

SKALA 1 : 400



11



11

ESING

- 5.

111

11

NUMBER	Y A
PERENCANAAN	
DESIGN	
CONSTRUCTION	
OPERATION	
MAINTENANCE	
REPAIR	
RENOVATION	
DEMOLITION	
DISPOSAL	
RECYCLING	
WASTE MANAGEMENT	
ENVIRONMENTAL IMPACT	
SAFETY	
HEALTH	
COMFORT	
CONVENIENCE	
BEAUTY	
FUNCTIONALITY	
EFFICIENCY	
ECONOMY	
SUSTAINABILITY	
INNOVATION	
TECHNOLOGY	
DESIGN	
CONSTRUCTION	
OPERATION	
MAINTENANCE	
REPAIR	
RENOVATION	
DEMOLITION	
DISPOSAL	
RECYCLING	
WASTE MANAGEMENT	
ENVIRONMENTAL IMPACT	
SAFETY	
HEALTH	
COMFORT	
CONVENIENCE	
BEAUTY	
FUNCTIONAL	

—



JUDUL TUGAS AKHIR

DESAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAHUYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA BREISING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

1. Mr. HEPPY KRISTJANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

CATATAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
- DENAH KOLOM DAN PELAT LANTAI 4	- 1 : 400
KODE GAMBAR	
STR	
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
23	44

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAHMAJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

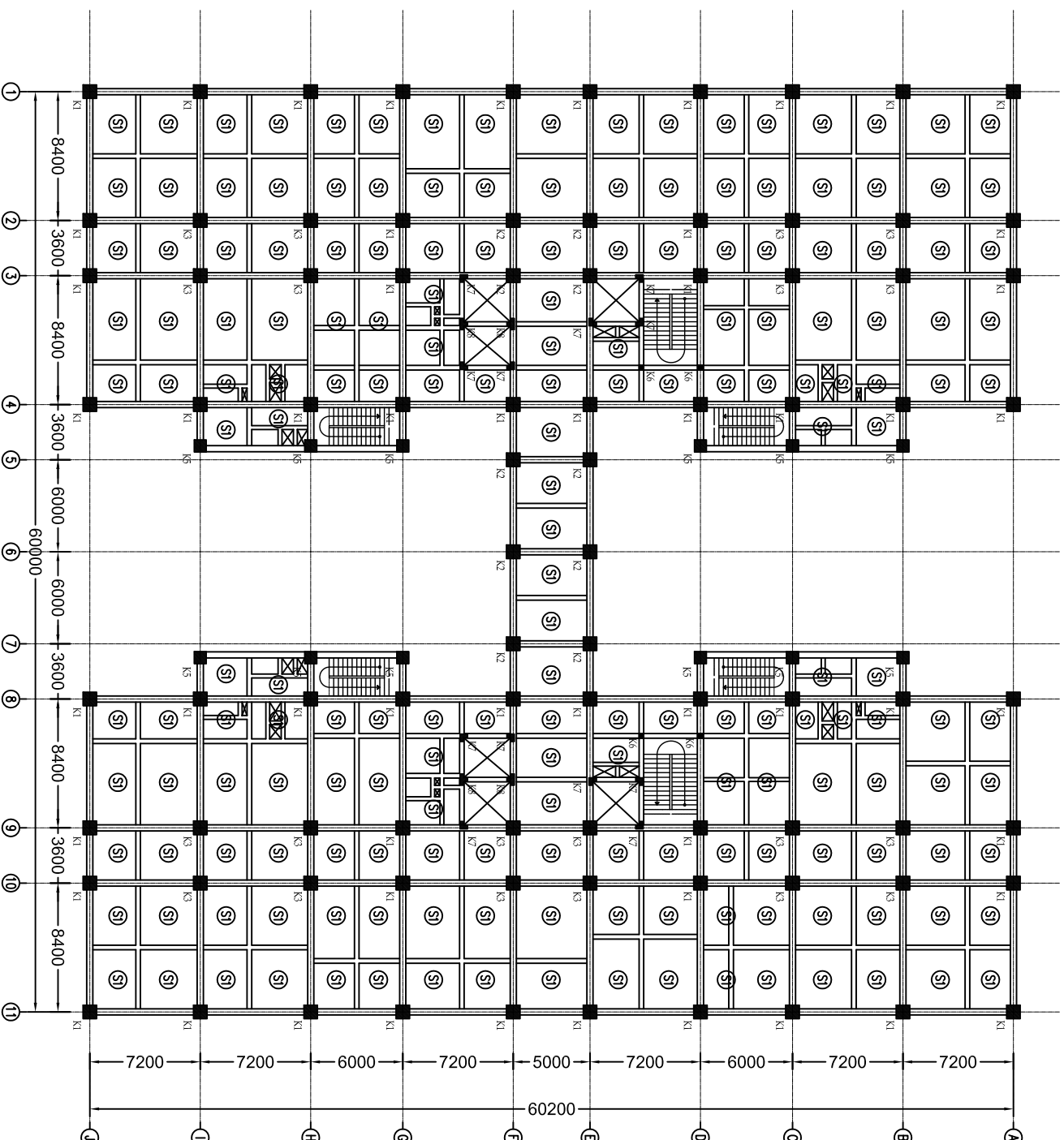
DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

CATATAN



DENAH KOLOM DAN PELAT LANTAI 5

SKALA 1 : 400

JUDUL GAMBAR

SKALA

- DENAH KOLOM DAN
PELAT LANTAI 5

- 1 : 400

KODE GAMBAR

STR

NO. LEMBAR

JML. GAMBAR

24

44

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

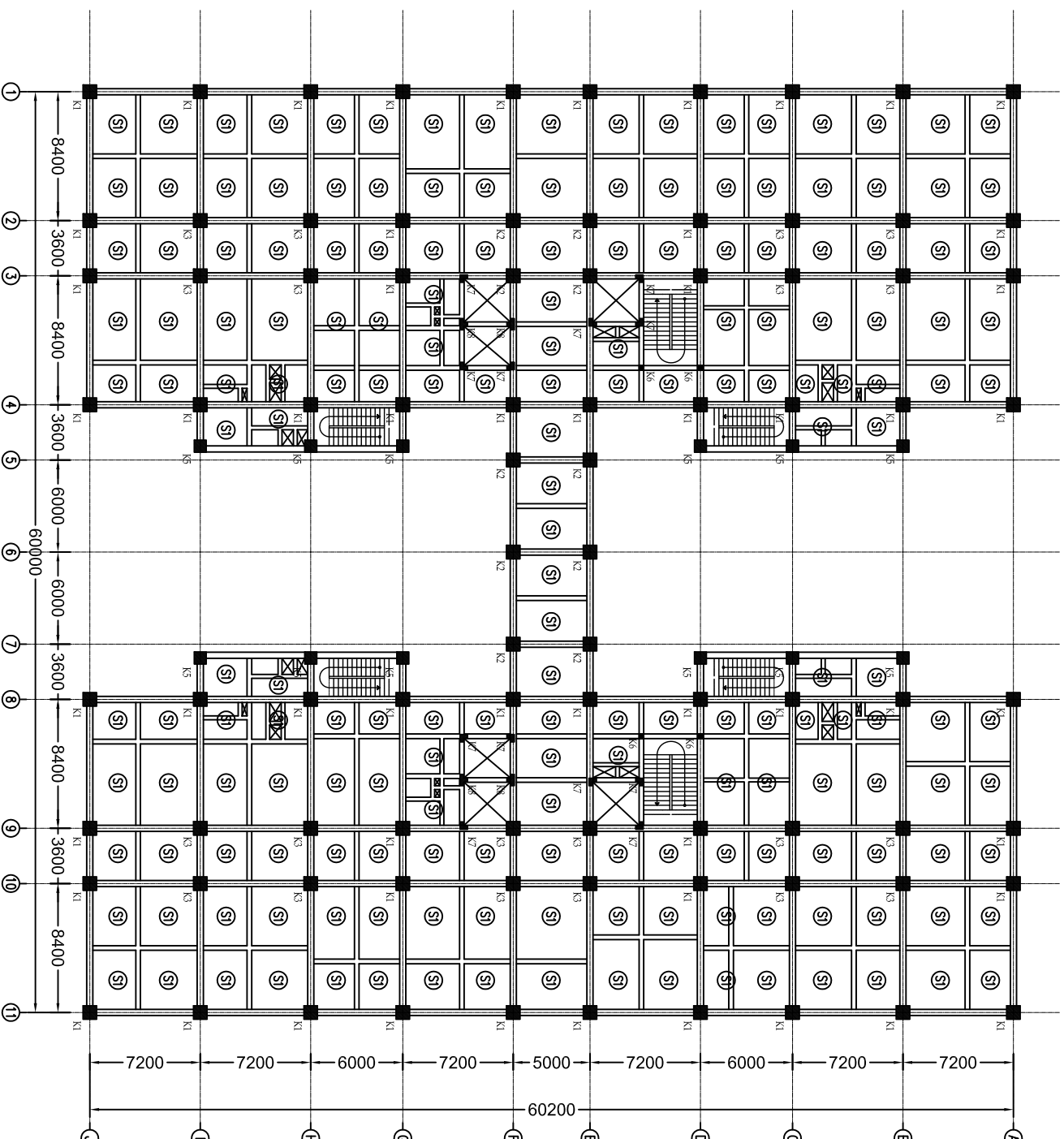
DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

CATATAN



DENAH KOLOM DAN PELAT LANTAI 6

SKALA 1 : 400

JUDUL GAMBAR

SKALA

- DENAH KOLOM DAN
PELAT LANTAI 6

- 1 : 400

KODE GAMBAR

STR

NO. LEMBAR

JML. GAMBAR

25

44

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

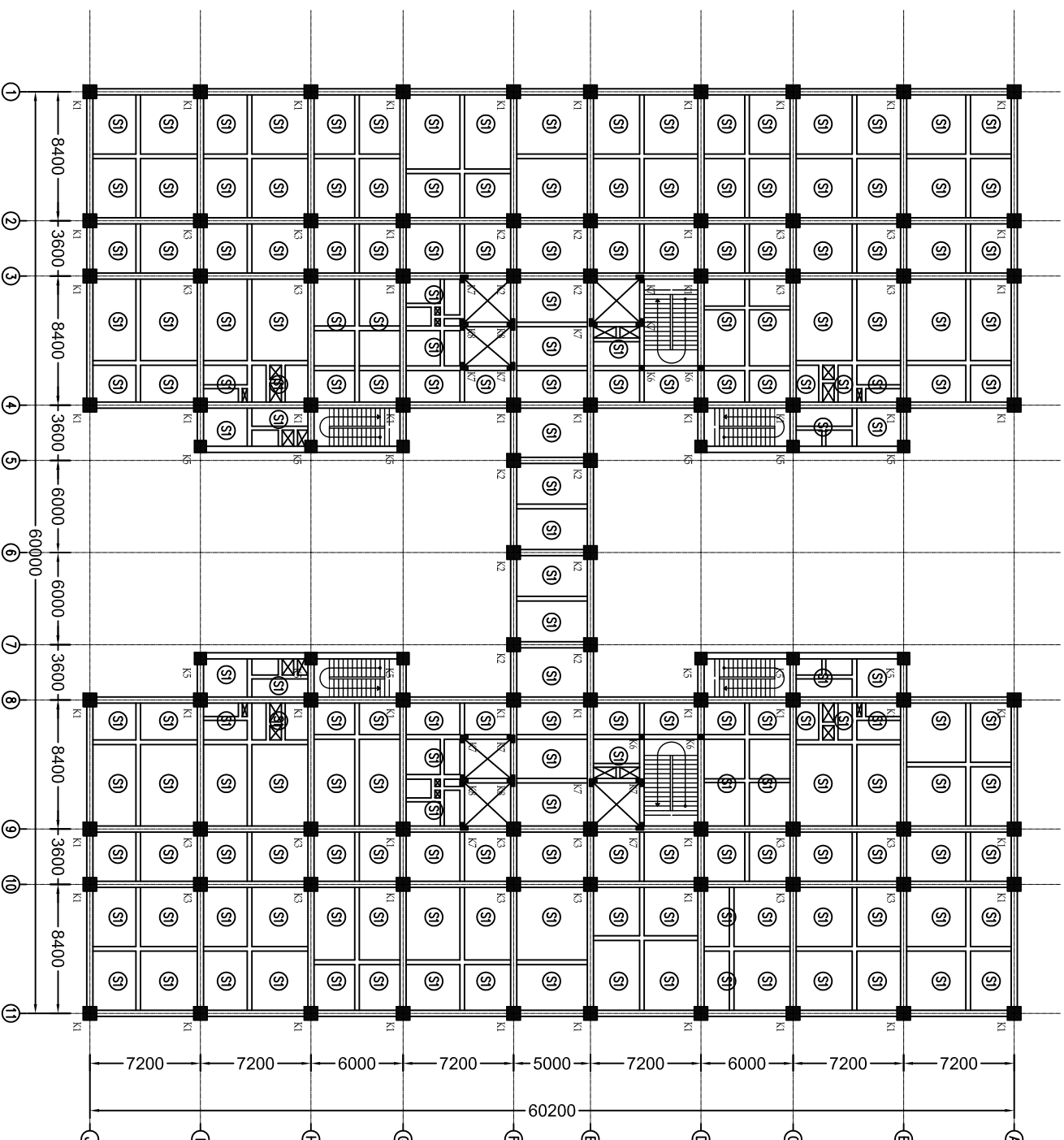
DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA


AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

CATATAN



DENAH KOLOM DAN PELAT LANTAI 7

SKALA 1 : 400

	
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER S U R A B A Y A	
JURISAN TEKNIK SIPIL - FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN	
JUDUL TUGAS AKHIR	
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER GIGI UNIVERSITAS BRAHUYAYA MALANG DENGAN PENAMBAHAN LANTAI MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIS	
DOSEN PEMBIMBING	
1. Ir. HEPPY KRISTIJANTO, MS 2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.	
MAHASISWA	
AHMAD FATHUDDIN AFIF NRP: 3115 105 051	
CATATAN	
JUDUL GAMBAR	SKALA
- DENAH KOLOM DAN PELAT LANTAI 7	- 1 : 400
KODE GAMBAR	
STR	
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
26	44



JUDUL TUGAS AKHIR

DESAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAHUYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA BREISING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

1. Mr. HEPPY KRISTJANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

CATATAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
- DENAH KOLOM DAN PELAT LANTAI 8	- 1 : 400
KODE GAMBAR	
STR	
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
27	44

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

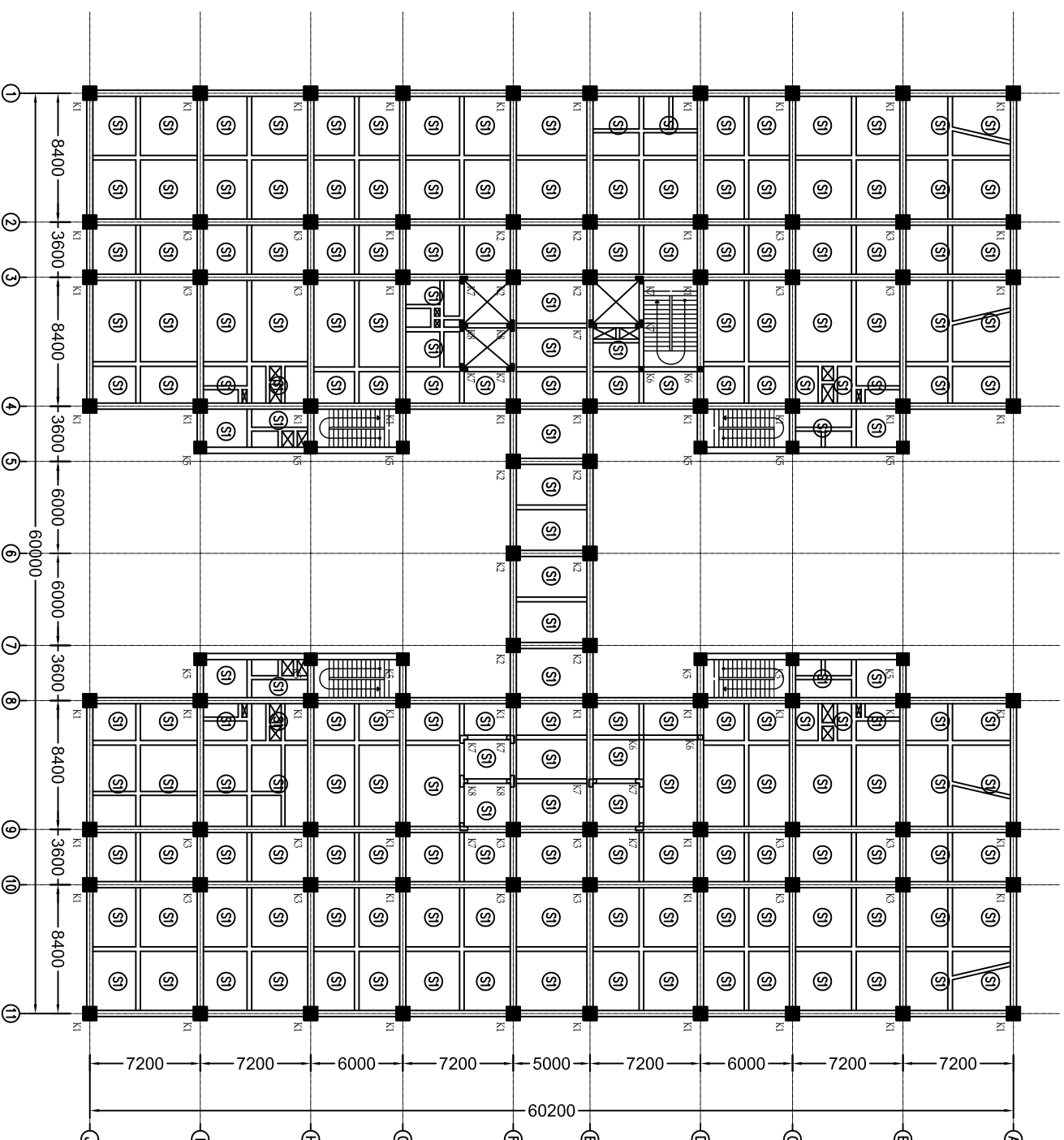
DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. HEPPY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

CATATAN



DENAH KOLOM DAN PELAT LANTAI 9

SKALA 1 : 400

JUDUL GAMBAR

SKALA

- DENAH KOLOM DAN
PELAT LANTAI 9

- 1 : 400

KODE GAMBAR

STR

NO. LEMBAR

JML. GAMBAR

28

44



JUDUL TUGAS AKHIR

DESAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAHUYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA BREISING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. HEPPY KRISTJANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

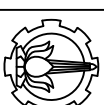
AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

CATATAN

DENAH KOLOM DAN PELAT LANTAI 10

SKALA 1 : 400

JUDUL GAMBAR	SKALA
- DENAH KOLOM DAN PELAT LANTAI 10	- 1 : 400
KODE GAMBAR	
STR	
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
29	44



JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAWIJALAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP.: 3115 105 051

CATATAN

- DENAH KOLOM DAN
PELAT LANTAI 11-14

- 1 : 400

JUDUL GAMBAR

SKALA

KODE GAMBAR

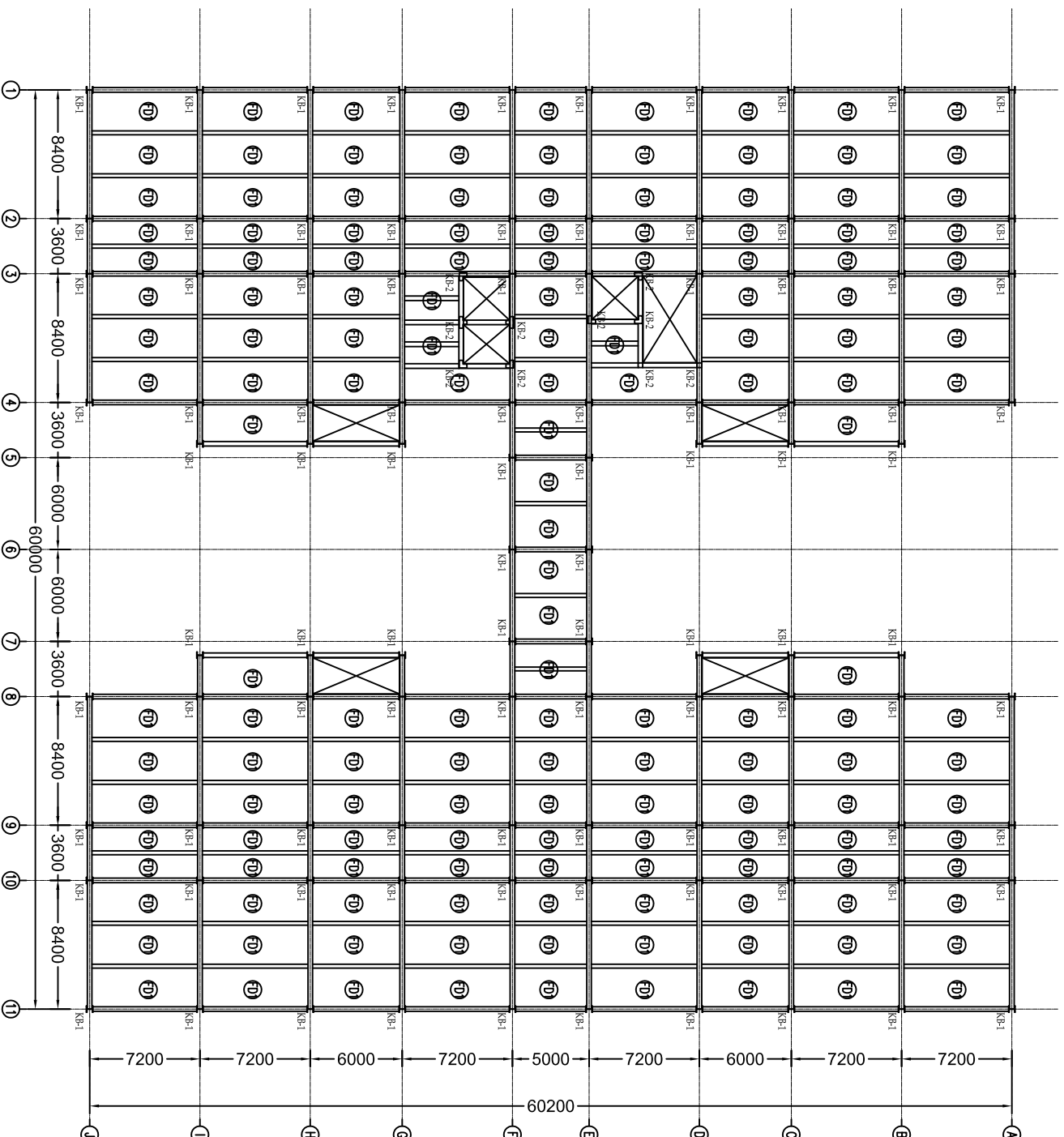
STR

NO. LEMBAR

JML. GAMBAR

30

44



DENAH KOLOM DAN PELAT LANTAI 11-14

SKALA 1 : 400

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAWIJALAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP.: 3115 105 051

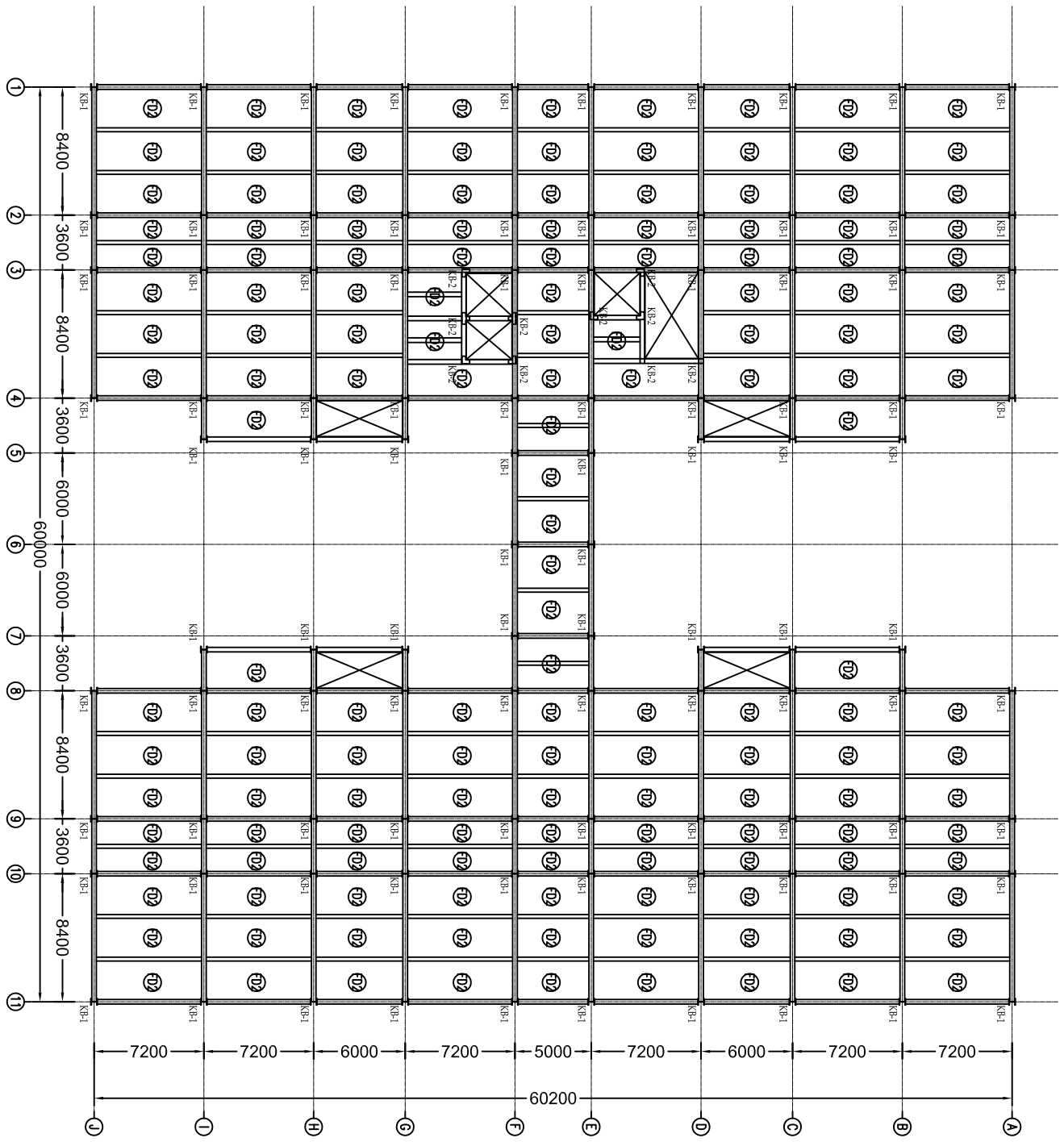
CATATAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
- DENAH KOLOM DAN PELAT LANTAI ATAP	- 1 : 400

KODE GAMBAR

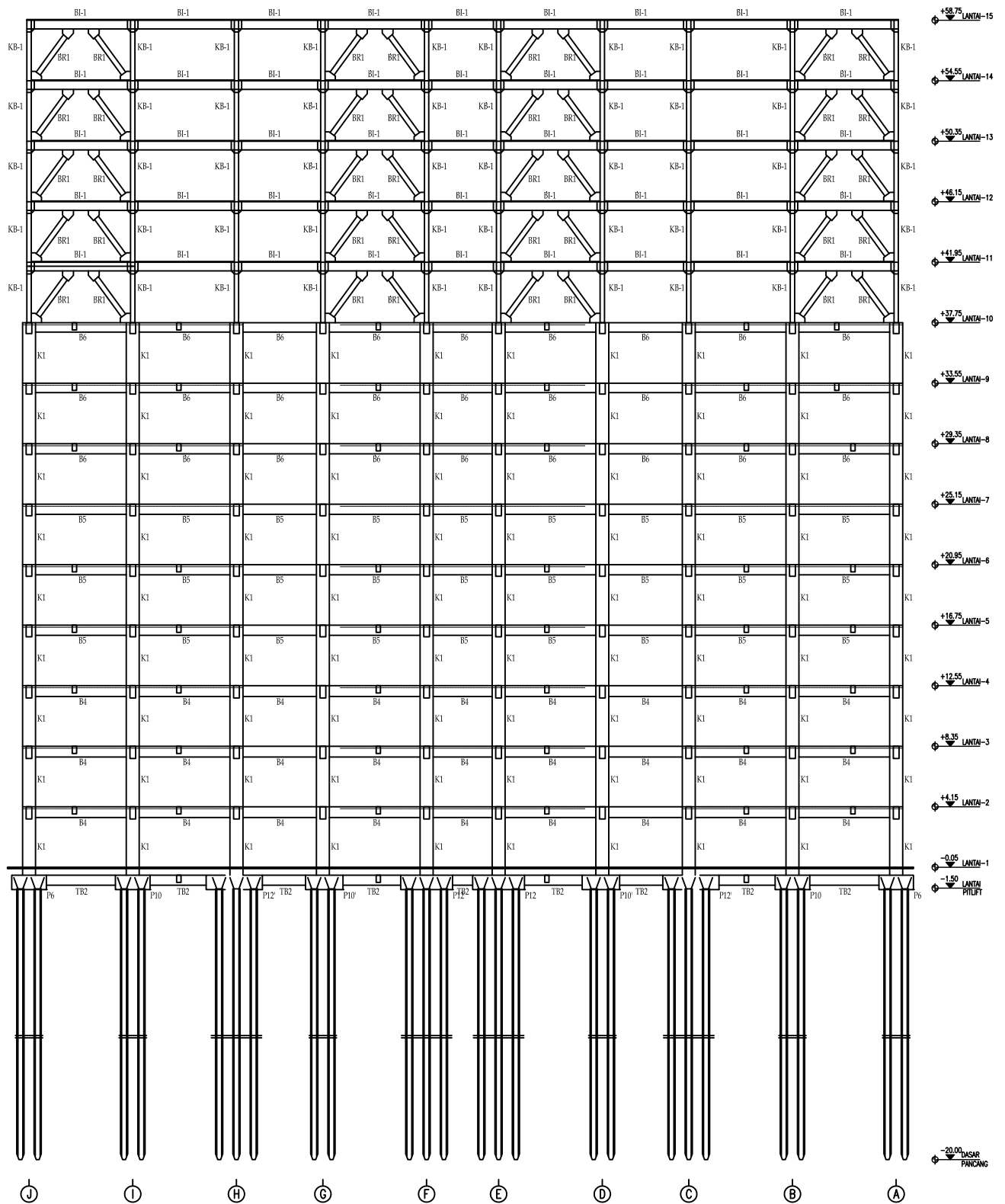
STR

NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------




DENAH KOLOM DAN PELAT LANTAI ATAP

SKALA 1 : 400




PORTAL AS-4
 SKALA 1 : 400

	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO. LEMBAR	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA / NRP MAHASISWA
	DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG DENGAN PENAMBAHAN LANTAI MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIS	POTONGAN PORTAL AS-4	1 : 400	32	1. <u>Ir. HEPPY KRISTIJANTO, MS</u> 2. <u>Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.</u>	<u>AHMAD FATIHUDDIN AFIF</u> NRP: 3115 105 051
				JMLH LEMBAR		
				44		



SKALA 1 : 400

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAHMAJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

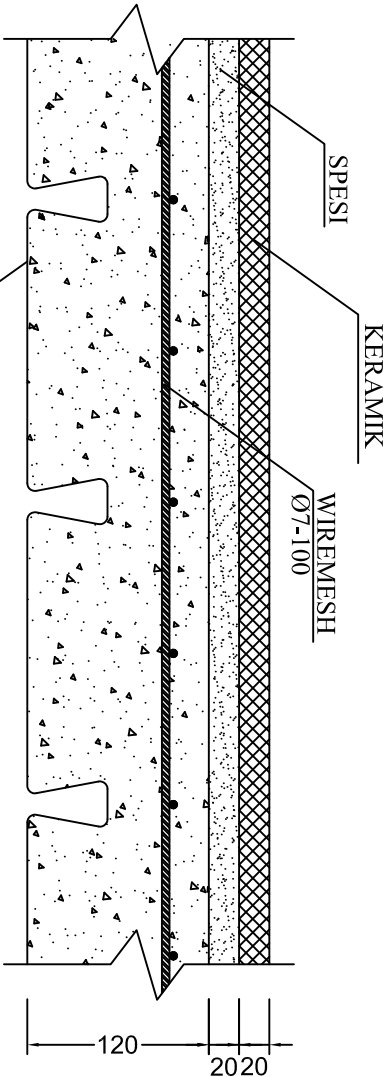
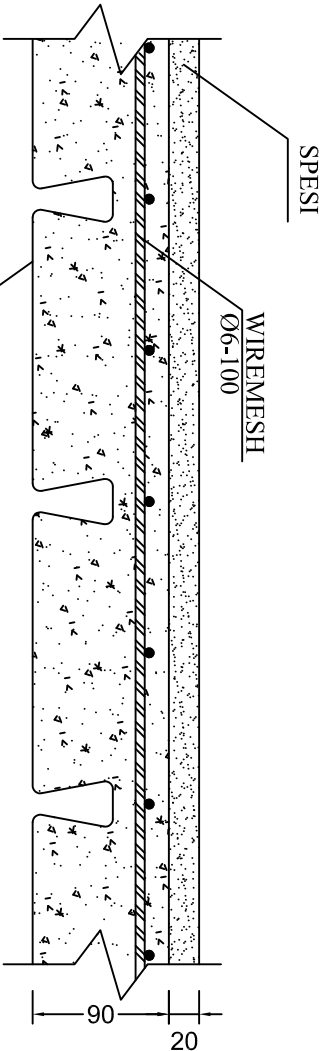
1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP.: 3115 105 051

CATATAN

JUDUL GAMBAR		SKALA
- PELAT FD 1 - PELAT FD 2		- 1 : 5
KODE GAMBAR		
STR		
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR	
34	44	



JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAHMAJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

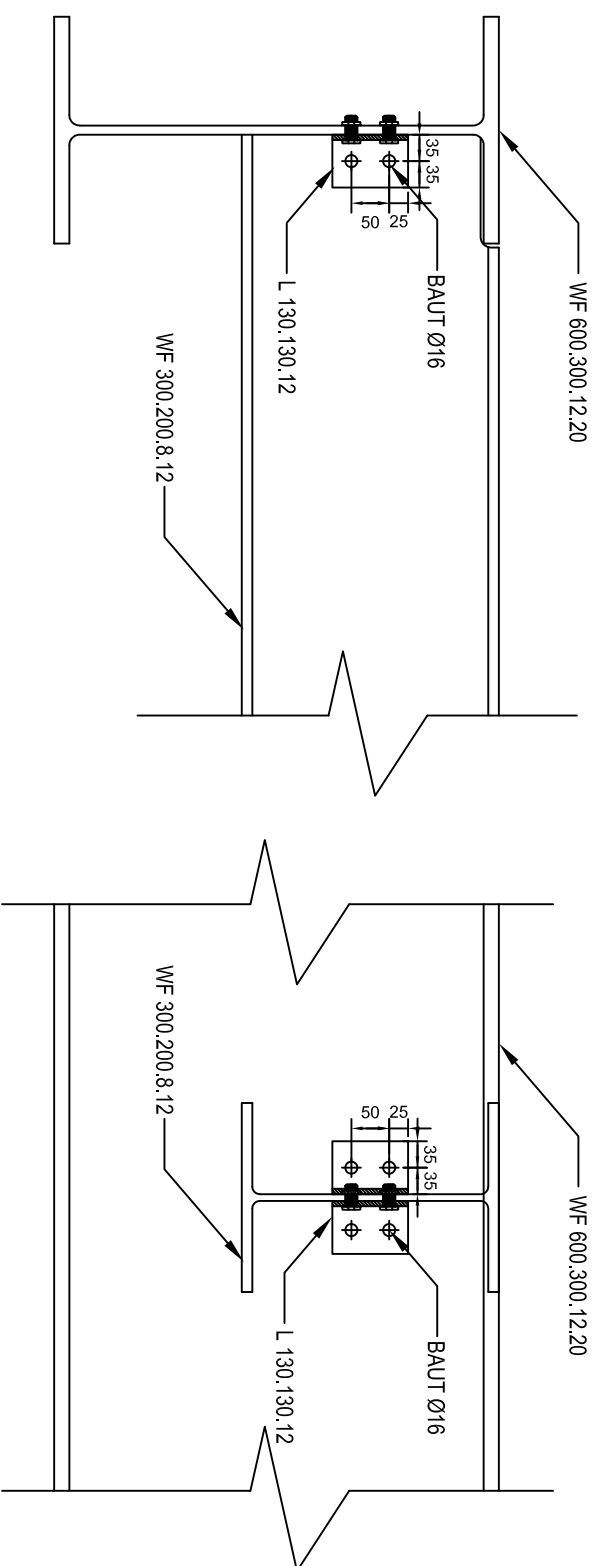
1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

CATATAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
- SAMBUNGAN BALOK ANAK DAN BALOK INDUK	- 1 : 10
KODE GAMBAR	
STR	
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
35	44



SAMBUNGAN BALOK ANAK DAN BALOK INDUK

SKALA 1 : 10



JUDUL TUGAS AKHIR

DESAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BREISING
EKSENTRIS

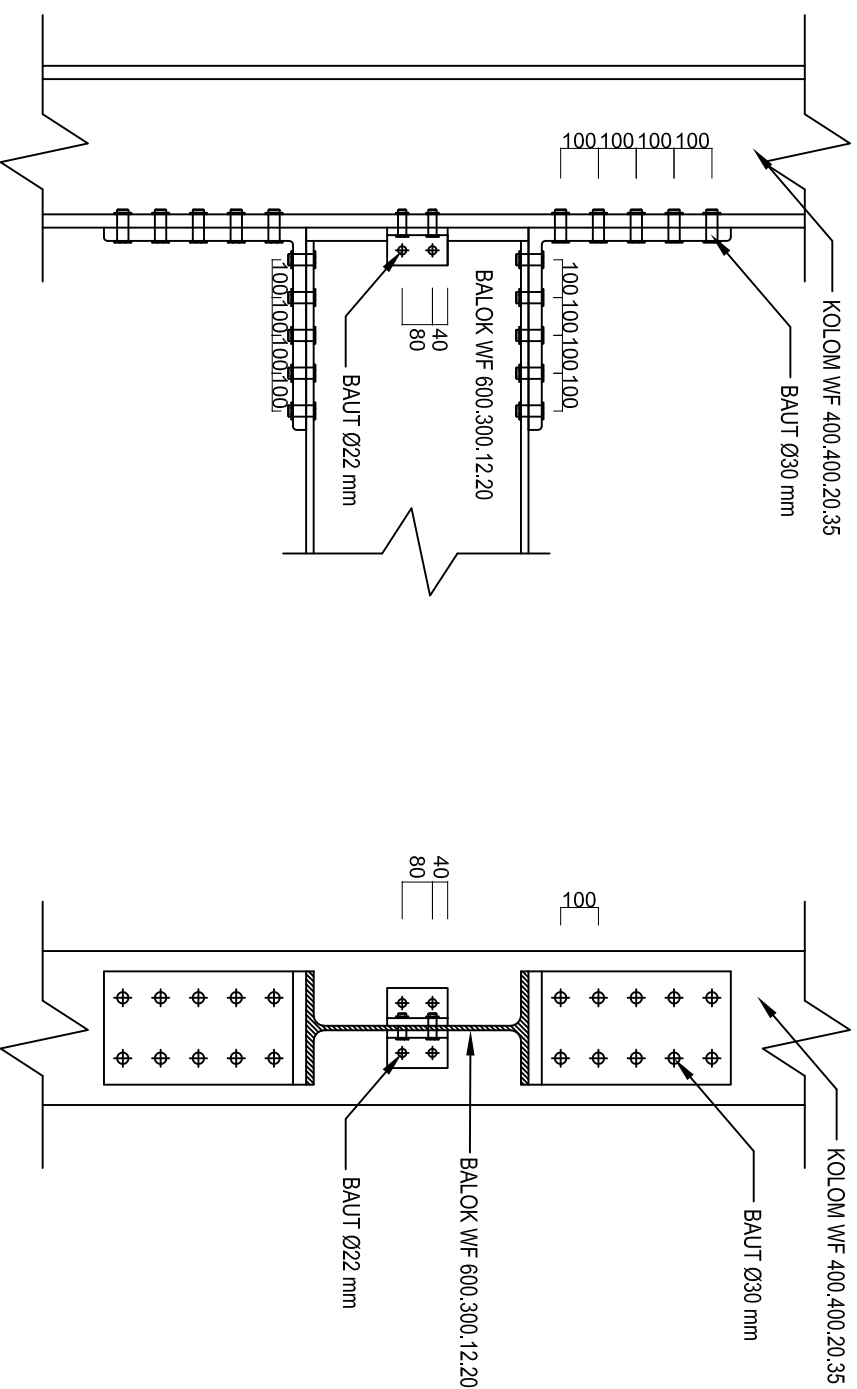
DOSEN PEMBIMBING

1. Mr. HEPPY KRISTJANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

CATATAN



SAMBUNGAN BALOK INDUK - KOLOM

SKALA 1 : 20

JUDUL GAMBAR	SKALA
- SAMBUNGAN KOLOM DAN KOLOM	- 1 : 20
KODE GAMBAR	
STR	
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
36	44

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAVIJALAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

CATATAN

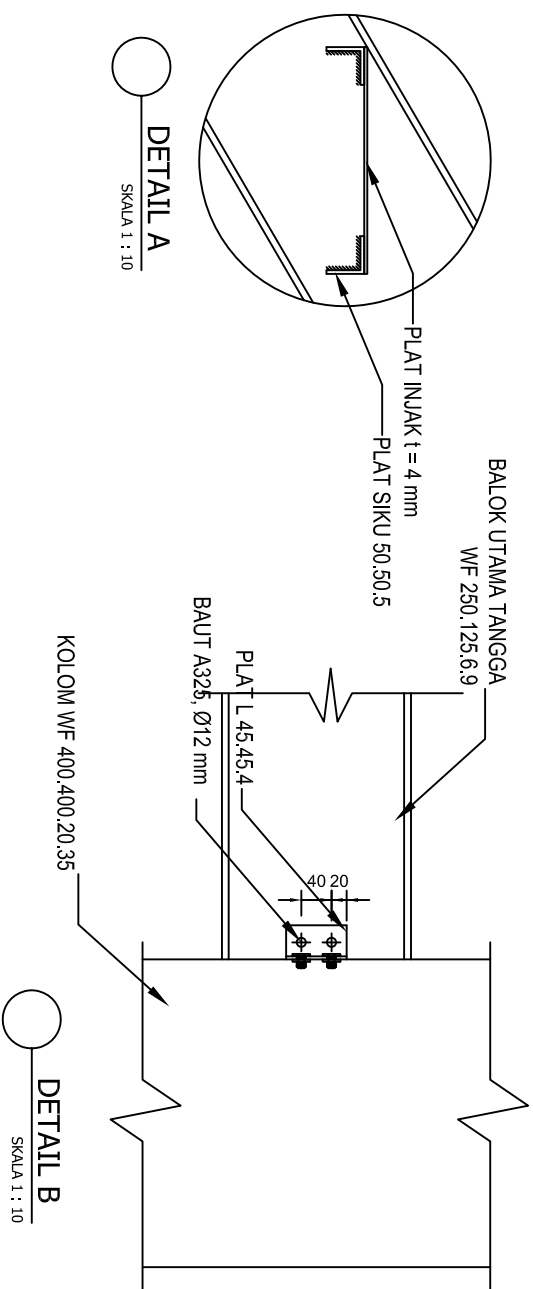
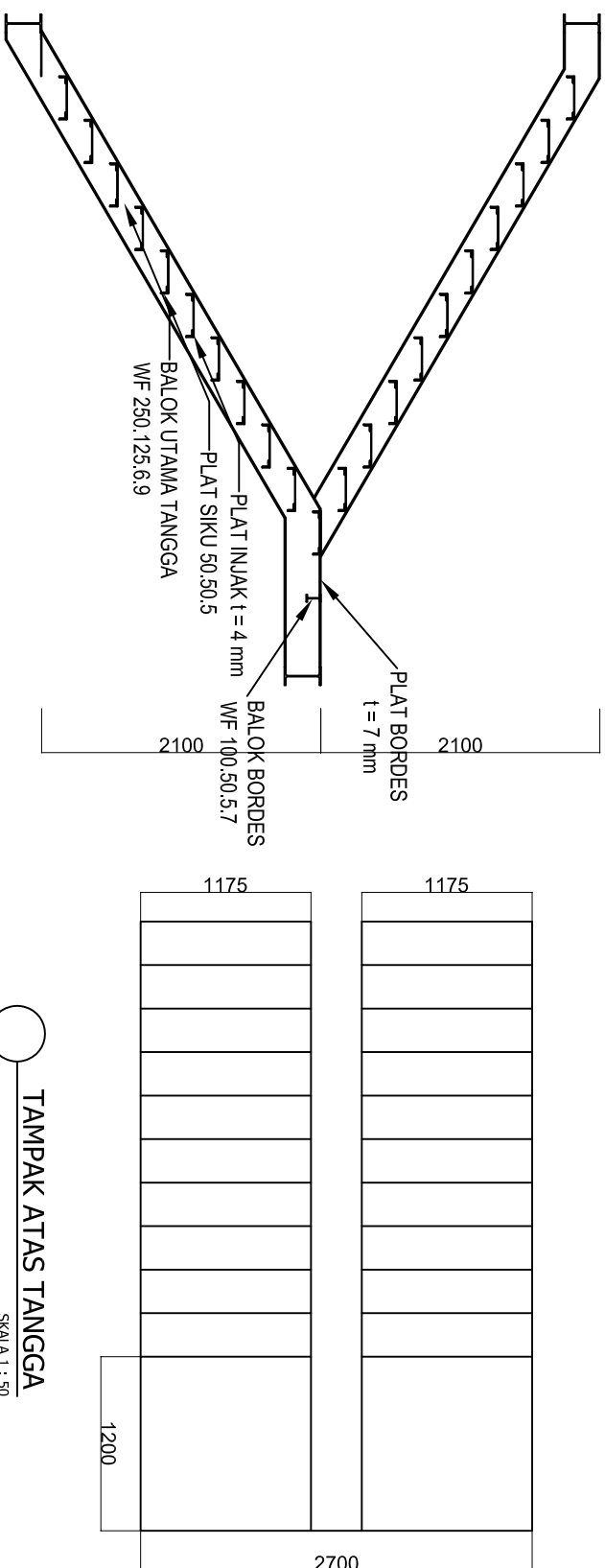
JUDUL GAMBAR	SKALA
- TAMPAK ATAS TANGGA	- 1 : 50
- DETAIL A	- 1 : 10
- DETAIL B	- 1 : 10

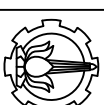
KODE GAMBAR

STR

NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

37	44
----	----





JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

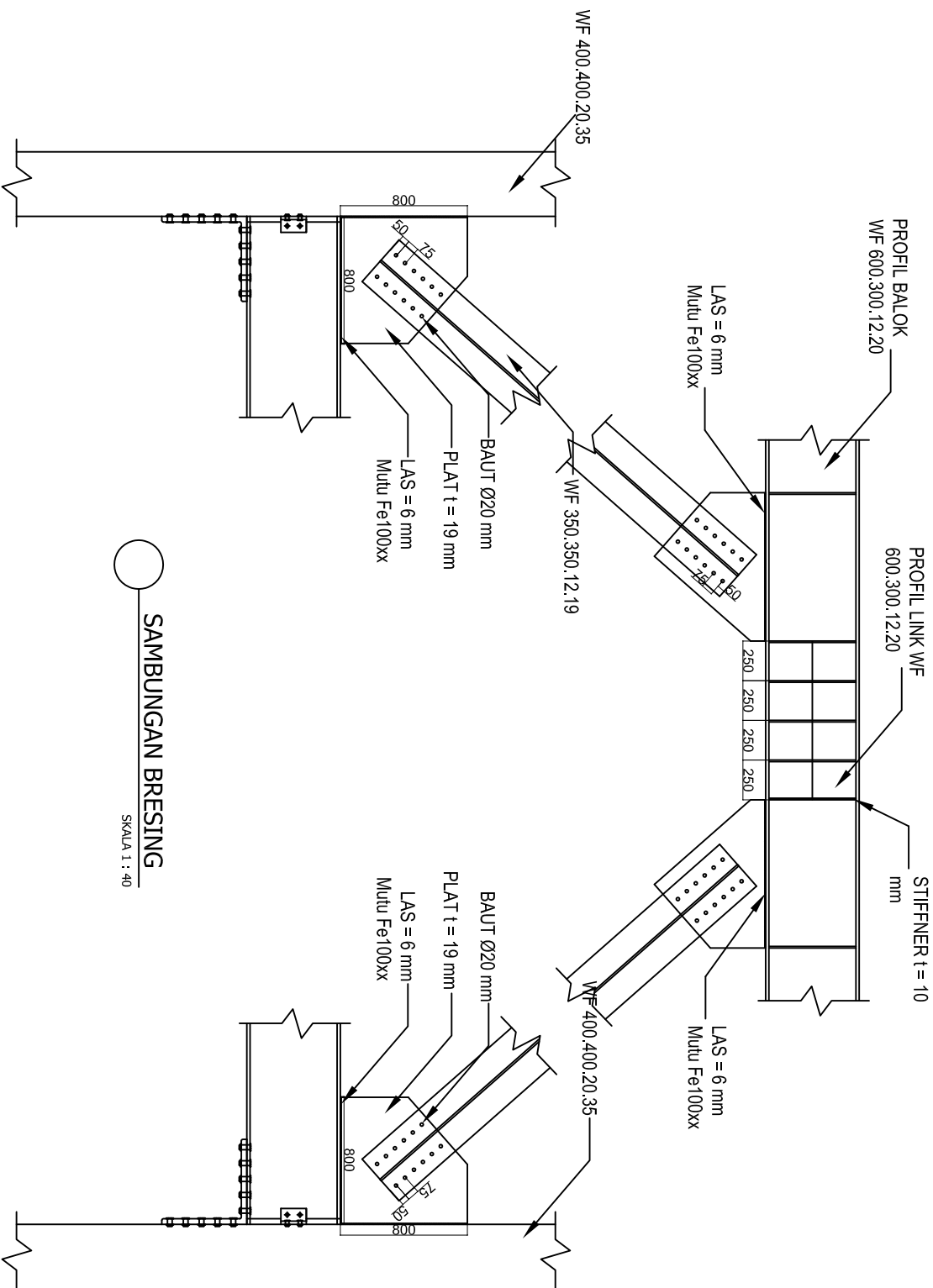
1. Ir. HEPPI KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

CATATAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
- SAMBUNGAN BRESING	- 1 : 40
KODE GAMBAR	
STR	
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
38	44



JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAHMAJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

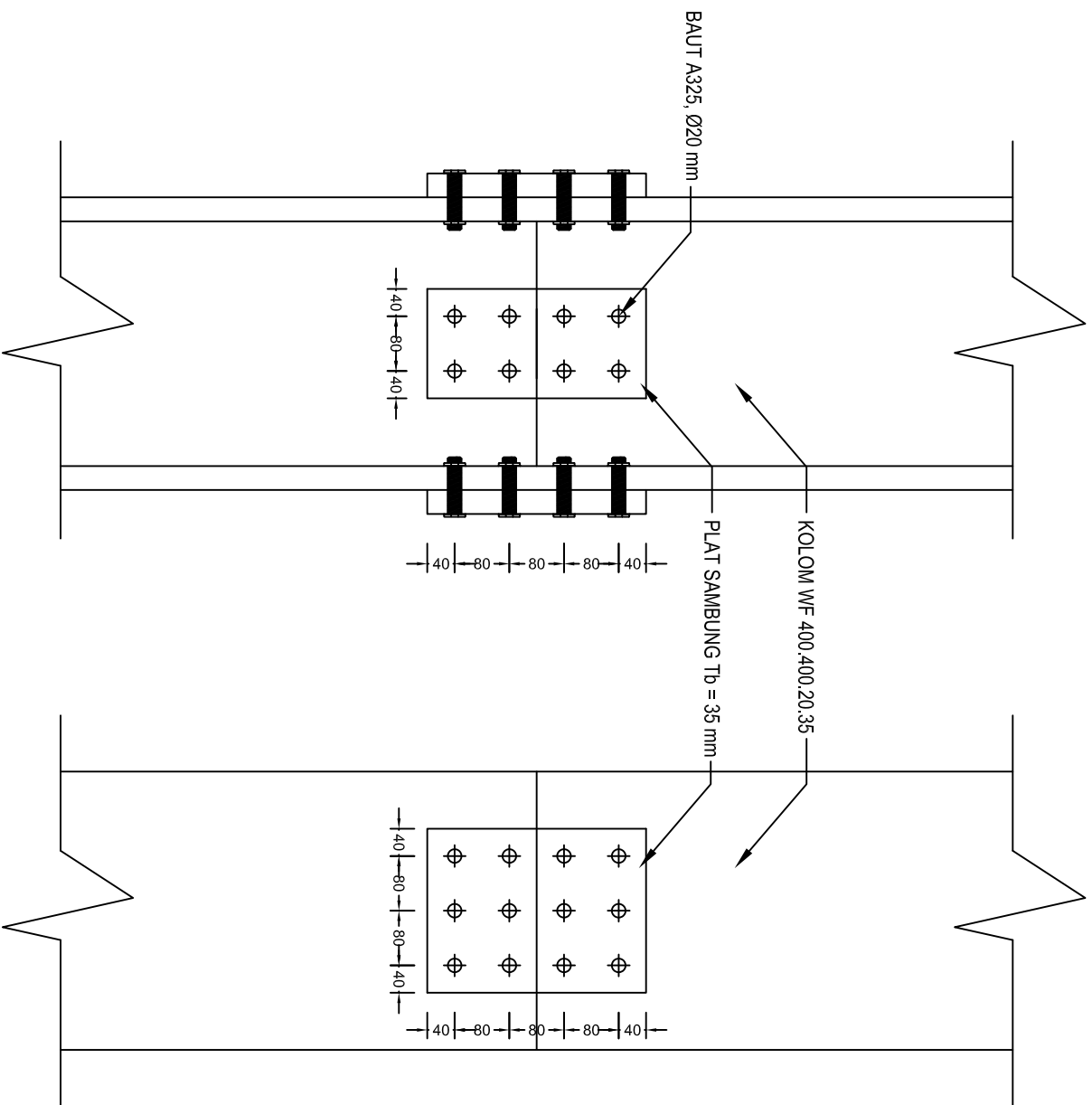
DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

CATATAN



SAMBUNGAN KOLOM DAN KOLOM

SKALA 1 : 10

JUDUL GAMBAR	SKALA
- SAMBUNGAN KOLOM DAN KOLOM	- 1 : 10
KODE GAMBAR	
STR	
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
39	44

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BREISING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

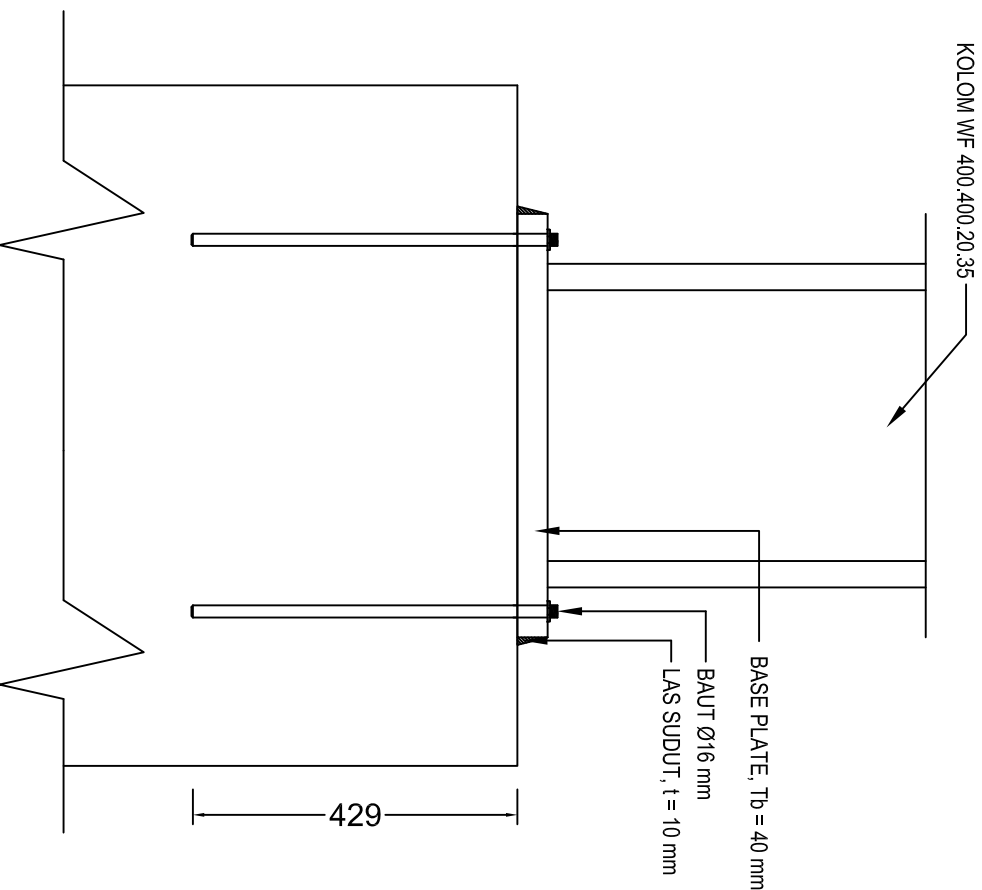
1. Ir. HEPPY KRISTJANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

CATATAN

Technical drawing of a square plate with a central I-beam profile. The plate has a side length of 900 mm. The I-beam has a total height of 560 mm and a total width of 450 mm. The flanges are 10 mm thick. The web has a thickness of 10 mm. The I-beam is centered on the plate. Four holes are located at the corners of the I-beam, with a diameter of 10 mm.



SAMBUNGAN BASE PLATE

SKALA 1 : 10

JUDUL GAMBAR	SKALA
- SAMBUNGAN KOLOM DAN KOLOM	- 1 : 10
KODE GAMBAR	
STR	
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
40	44

KOLOM EKSISTING

LANTAI SEPULUH + 38,35	TYPE	K1	K2	K3	K5	K6	K7	K8
	PEMAMPANG							
LANTAI SEMBELAN + 34,150	TULANGAN UTAMA	24 D22	24 D22	24 D22	20 D22	8 D19	12 D19	16 D19
	TULANGAN SENGKANG	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 125	D13 - 100	D13 - 100
	TULANGAN HOKOK	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200	-	-	-
LANTAI DELAPAN + 29,950	PEMAMPANG							
	TULANGAN UTAMA	24 D22	24 D22	24 D22	20 D22	8 D19	12 D19	16 D19
	TULANGAN SENGKANG	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 125	D13 - 100	D13 - 100
	TULANGAN HOKOK	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200	-	-	-
LANTAI TUJUH + 25,750	PEMAMPANG							
	TULANGAN UTAMA	24 D22	24 D22	24 D22	20 D22	8 D19	12 D19	16 D19
	TULANGAN SENGKANG	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 125	D13 - 100	D13 - 100
	TULANGAN HOKOK	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200	-	-	-
LANTAI ENAM + 21,550	PEMAMPANG							
	TULANGAN UTAMA	28 D22	28 D22	28 D22	24 D22	8 D19	12 D19	16 D19
	TULANGAN SENGKANG	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 125	D13 - 100	D13 - 100
	TULANGAN HOKOK	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200	-	-	-
LANTAI LIMA + 17,350	PEMAMPANG							
	TULANGAN UTAMA	28 D22	28 D22	28 D22	24 D22	8 D19	12 D19	16 D19
	TULANGAN SENGKANG	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 125	D13 - 100	D13 - 100
	TULANGAN HOKOK	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200	-	-	-
LANTAI EMPAT + 13,150	PEMAMPANG							
	TULANGAN UTAMA	28 D22	28 D22	28 D22	24 D22	8 D19	12 D19	16 D19
	TULANGAN SENGKANG	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 125	D13 - 100	D13 - 100
	TULANGAN HOKOK	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200	-	-	-
LANTAI TIGA + 8,950	PEMAMPANG							
	TULANGAN UTAMA	28 D25	28 D25	28 D25	24 D25	8 D19	12 D19	16 D19
	TULANGAN SENGKANG	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 125	D13 - 100	D13 - 100
	TULANGAN HOKOK	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200	-	-	-
LANTAI DUA + 4,750	PEMAMPANG							
	TULANGAN UTAMA	28 D25	28 D25	28 D25	24 D25	8 D19	12 D19	16 D19
	TULANGAN SENGKANG	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 125	D13 - 100	D13 - 100
	TULANGAN HOKOK	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200	-	-	-
LANTAI SATU ± 0,000	PEMAMPANG							
	TULANGAN UTAMA	28 D25	28 D25	28 D25	24 D25	8 D19	12 D19	16 D19
	TULANGAN SENGKANG	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 100	D13 - 125	D13 - 100	D13 - 100
	TULANGAN HOKOK	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200	-	-	-



SKEDUL KOLOM EKSISTING

SKALA 1 : 75



JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG DENGAN PENAMBAHAN LANTAI MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIS

SKEDUL KOLOM EKSISTING

1 : 75

NO. LEMBAR
41
JMLH LEMBAR
44

NAMA DOSEN PEMBIMBING
1. Ir. HEPPY KRISTIJANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

NAMA / NRP MAHASISWA
AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAHMAJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP.: 3115 105 051

CATATAN

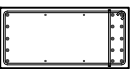
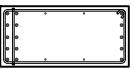
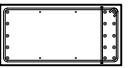
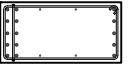
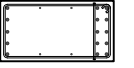

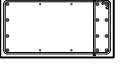
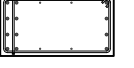


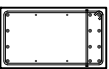
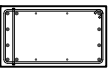
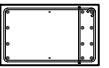

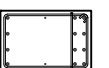
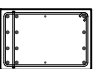
JUDUL GAMBAR	SKALA
- SKEDUL BALOK EKISTING	- 1 : 50

KODE GAMBAR	
STR	

NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

42	44
----	----

SKEDUL PENULANGAN BALOK

TYPE	B1		B2		B3		B4		B5	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG										
	B x H	400 x 850	400 x 850	400 x 800	400 x 800	400 x 750	400 x 750	400 x 750	400 x 700	400 x 700
	TUL. ATAS	5+5 D22	5 D22	5+5 D22	5 D22	5+5 D22	5 D22	4+4 D22	4 D22	4 D22
	TUL. SISI	4 D13	4 D13	4 D13	4 D13	4 D13	4 D13	4 D13	4 D13	4 D13
	TUL. BAWAH	5 D22	5+5 D22	5 D22	5+5 D22	5 D22	5+5 D22	4 D22	4 D22	4+4 D22
SENGKANG	D13-100	D13-200	D13-100	D13-200	D13-100	D13-200	#10-100	#10-200	#10-100	#10-200
TYPE	B6		B7		B8					
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN				
PENAMPANG										
	B x H	400 x 700	400 x 700	400 x 650	400 x 650	400 x 600	400 x 600	400 x 600	400 x 600	400 x 600
	TUL. ATAS	4+4 D22	4 D22	4+4 D22	4 D22	4+4 D22	4 D22	4+4 D22	4 D22	4 D22
	TUL. SISI	4 D13	4 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13
	TUL. BAWAH	4 D22	4+2 D22	4 D22	4+2 D22	4 D22	4 D22	4+4 D22	4+4 D22	4+4 D22
SENGKANG	#10-100	#10-200	#10-100	#10-200	#10-100	#10-200	#10-100	#10-200	#10-100	#10-200

SKEDUL BALOK EKISTING

SKALA 1 : 50

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAHMAJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP.: 3115 105 051

CATATAN

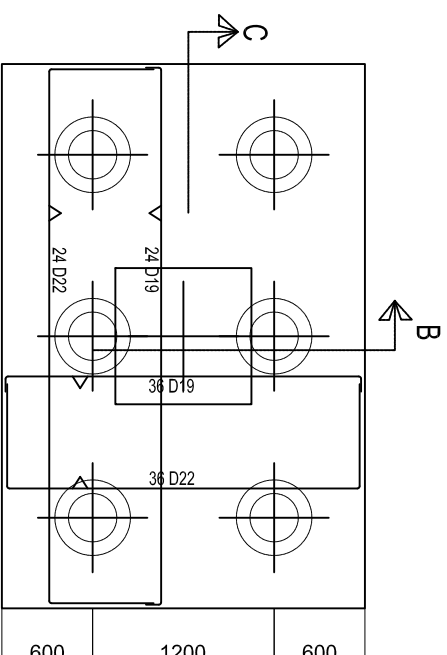
JUDUL GAMBAR	SKALA
- DETAIL PILECAP P6 - POTONGAN-B - POTONGAN-C	- 1 : 50

KODE GAMBAR

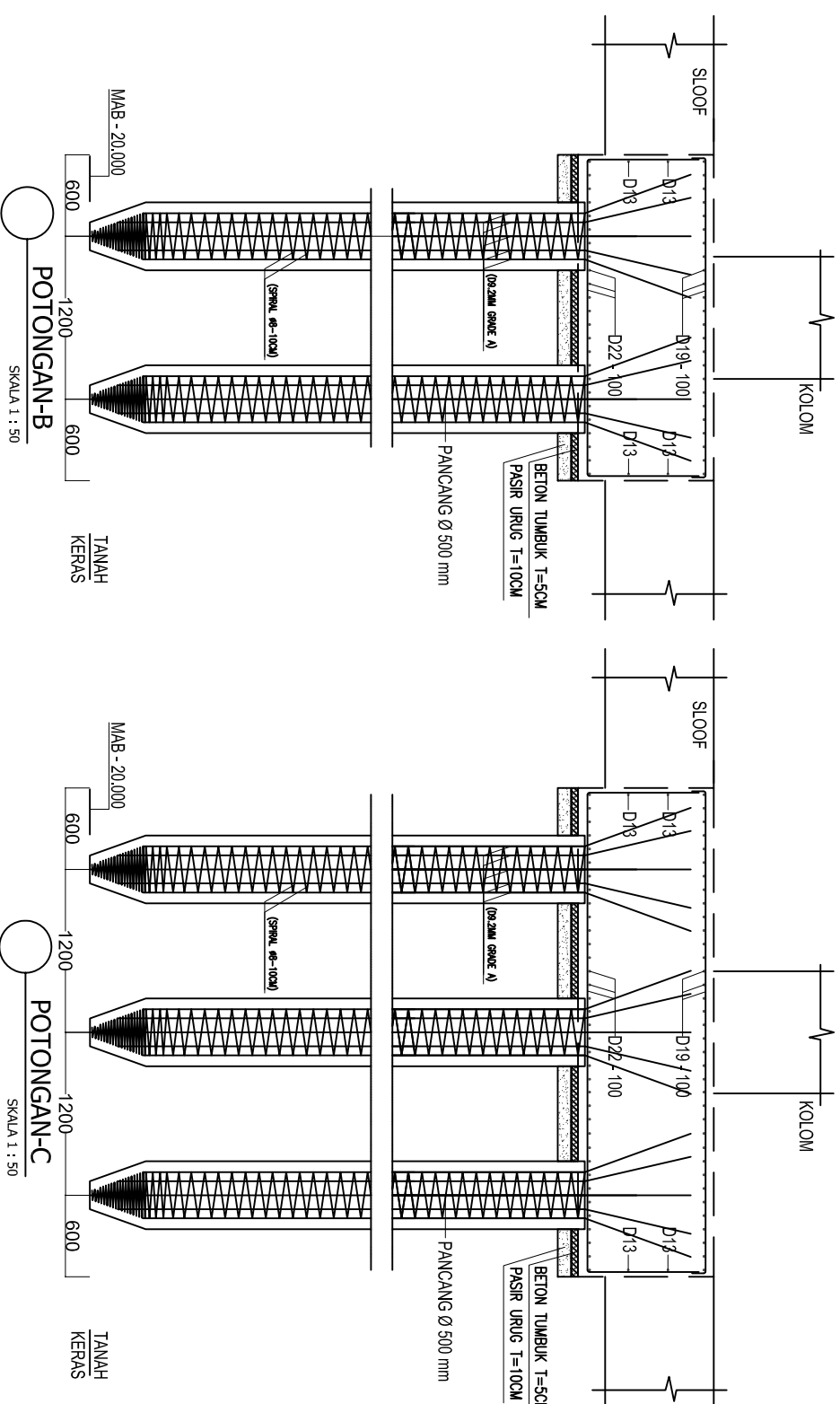
STR

NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

4344



DETAIL PILECAP P6
SKALA 1 : 50



JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PUSAT PENELITIAN DAN PENDIDIKAN DOKTER
GIGI UNIVERSITAS BRAHMAJAYA MALANG
DENGAN PENAMBAHAN LANTAI
MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

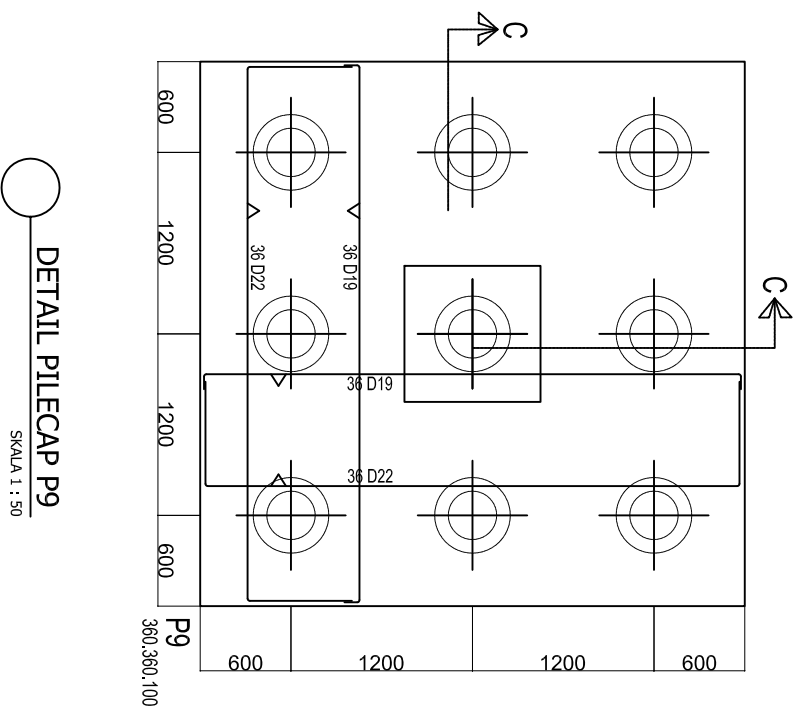
1. Ir. HEPHY KRISTUANTO, MS
2. Prof. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

AHMAD FATIHUDDIN AFIF
NRP: 3115 105 051

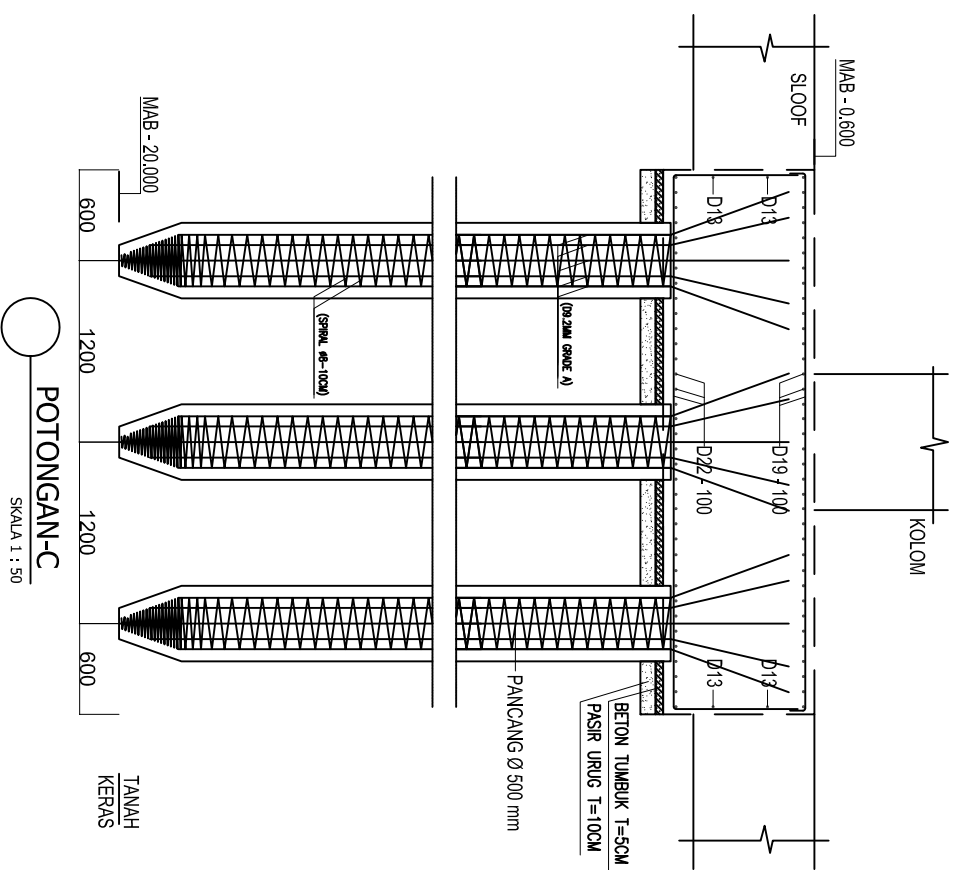
CATATAN

JUDUL GAMBAR		SKALA
- DETAIL PILECAP P9		- 1 : 50
- POTONGAN-C		
KODE GAMBAR		
STR		
NO. LEMBAR	JML. GAMBAR	
44	44	



DETAIL PILECAP P9

SKALA 1 : 50



POTONGAN-C

SKALA 1 : 50